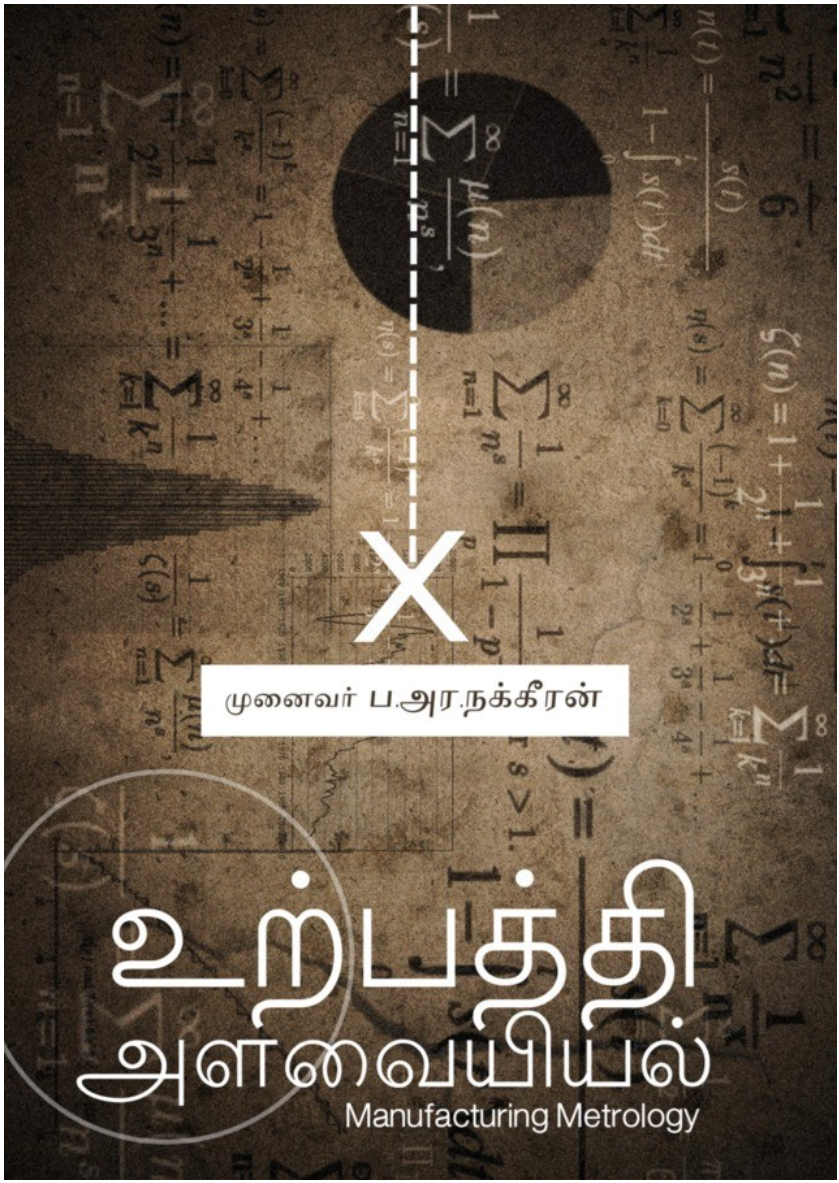

முனைவர் ப.அர.நக்கீரன்
உற்பத்தி
அளவையியல்
Manufacturing Metrology

உற்பத்தி அளவையியல்

முனைவர் ப.அர.நக்கீரன்

மின்னூல் வெளியீடு : **http://FreeTamilEbooks.com**

உற்பத்தி அளவையியல் பதிப்புரிமை © 2015 இவரால் / இதனால் முனைவர் ப.அர.நக்கீரன்.

This book was produced using PressBooks.com.

உள்ளடக்கம்

- உற்பத்தி அளவையியல்
- என்னுரை
- அணிந்துரை
- முகவுரை
- Main Body
- 1. அளவையியலின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும்
- 2. அளவிடும் அமைப்பில் துல்லியமும் சரிநுட்பமும்
- 3. ஒளிக்குறுக்கீட்டுக் கோட்பாடும் அதன் பயன்களும்
- 4. நேரியல் அளவுகள் அளத்தல்
- 5. ஒப்பளவிகள்
- 6. கோணத்தை அளத்தல்
- 7. வரம்புக் கடிகைகள்
- 8. திருகுபுரி அளத்தல்
- 9. பல்சக்கரம் அளத்தல்
- 10. பரப்பின் சீர்மை அளத்தல்
- 11. வடிவம் அளத்தல்
- 12. சில மறைமுக அளத்தல் முறைகள்
- 13. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம்
- 14. லேசர் அளவையியல்
- செய்முறை அளவையியல்
- 15. நுண்ணளவியை அளவீடு செய்தல்
- 16. முகப்பு மானியை அளவீடு செய்தல்
- 17. ஒளியியல் ஒப்பளவியை அளவீடு செய்தல்
- 18. சரிவுக் கோண அளவியால் கோணத்தை அளத்தல்
- 19. சைன் சட்டம் மூலம் கோணத்தை அளத்தல்
- 20. V-கோணத்தை அளத்தல்
- 21. துல்லிய உருண்டைகளைக் கொண்டு கூம்பு துளையை அளத்தல்
- 22. ஒரு கூம்புக் கடிகையை துல்லிய உருளைகள் கொண்டு அளத்தல்
- 23. உட்புற வளைவு ஆரத்தை அளத்தல்
- 24. வெளிவட்டத்தின் ஆரத்தை அளத்தல்
- 25. கருவியாளர் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு

கோணத்தை அளத்தல்

- 26. வட்டத்தின் ஆரத்தை கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்
- 27. திருகுபுரியின் அளவுகளை ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்
- 28. துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள் கொண்டு பயனுறுவிட்டம் அளத்தல்
- 29. பல் சக்கரத்தை அளத்தல்
- 30. பல்சக்கரத்தின் பல்தடிமனை அடி வட்டத்தில் அளத்தல்
- 31. பல்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழையை அளத்தல்
- 32. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை சாராய மட்டம் மூலம் அளத்தல்
- 33. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை தானெதிர் ஒளிமானியைக் கொண்டு அளத்தல்
- பார்வை நூல்கள்
- அளவையியல் கலைச்சொற்கள் - Technical Terms
- அளவையியல் Technical Terms - கலைச்சொற்கள்

1

உற்பத்தி அளவையியல்

உற்பத்தி அளவையியல்

MANUFACTURING METROLOGY

முனைவர் ப . அர . நக்கீரன்

B.E. Mech; MSc Engg.(Prod); Ph.D

பேராசிரியர் ***(*** ஓய்வு ***)***

அண்ணா பல்கலைக்கழகம் , சென்னை

இயக்குநர் , தமிழ் இணையக் கல்விக்கழகம் , சென்னை

மின்னூல் வெளியீடு : **http://FreeTamilEbooks.com**

உரிமை – Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative License

உரிமை – கிரியேட்டிவ் காமன்ஸ். எல்லாரும் படிக்கலாம், பகிரலாம்

மின்னூலாக்கம் – த.சீனிவாசன் tshrinivasan@gmail.com

மேலட்டை உருவாக்கம்: மனோஜ் குமார்

மின்னஞ்சல்: socrates1857@gmail.com

என்னுரை

கலைச்செல்வங்கள் அனைத்தையும் தமிழில் கொண்டு வந்து சேர்க்க வேண்டும் என்ற பாரதியின் கனவை நினைவாக்க வேண்டும் என்ற தாகம் என் மாணவ பருவத்திலிருந்தே நெஞ்சில் நிலைத்து வந்திருக்கிறது. முடிந்த போதெல்லாம் தமிழில் அறிவியல், பொறியியல் கட்டுரைகளை எழுதி வெளியிட்டுள்ளேன்.

அதன் தொடர்ச்சியாக, என் மனதுக்கு நெருக்கமான அளவையியல் பற்றி ஒரு நூல் எழுத வேண்டும் என்ற ஆசை பற்றி இந்நூலை எழுதத் தொடங்கினேன்.

அளவையியல் பாடத்தை நடத்தும் பணியும் எனக்கு தொடக்கம் முதலே வழங்கப்பட்டது. என்னுடைய ஆசிரிய பணி காலத்தில் பல பாடங்களை எடுத்திருக்கிறேன். ஆனால் தொடர்ந்து நான் எடுத்து நடத்திய பாடம் 'அளவையியல்' ஆகும். அளவையியல் பாடம் நடத்துவதற்கு ஆய்வுக் கூட பணிகள் துணை நின்றன. ஆய்வுக் கூட பணிகளுக்கு அளவையியல் பாடங்கள் அடிப்படையாக அமைந்தன.

ஒரு ஆசிரியனாக என் பணியைத் தொடங்கிய இடம் அன்று கிண்டி பொறியியற் கல்லூரி என அழைக்கப்பட்ட இன்றைய அண்ணா பல்கலைக்கழக எந்திரவியல் துறையின் அளவையியல் ஆய்வுக் கூடம். என்னை மறந்து கால நேரம் பார்க்காமல் பணியாற்றிய இடம். நான் உள்ளே இருக்கும் போதே பணிமனையின் வாயில் கதவை பூட்டிச் சென்ற நிகழ்வுகள் பலமுறை நடந்துள்ளன. அந்த ஆய்வுக் கூடத்தில் இருந்த கருவிகளை பழுதுபார்த்து, செப்பனிட்டு, செயல்பட வைத்து, மாணவர்களின் பயன்பாட்டுக்காக சோதனைகளை வடிவமைத்து வழங்கிய காலம் எனக்கு மிகுந்த மகிழ்ச்சியையும், மனநிறைவையும் தந்ததாகும். இதற்கு உறுதுணையாக இருந்து உற்சாகப்படுத்தி, உரிய ஆதரவை நல்கியவர் பேராசிரியர் A.M. சீனிவாசன்

அவர்கள். அவருக்குப் பின்னர் உற்பத்தி பொறியியல் துறையின் தலைவர்களாக வந்த பேராசிரியர் S. சாதிக், பேராசிரியர் M.S.செல்வம் ஆகியோரும் தொடர்ந்து அளவையியல் ஆய்வுக் கூடத்தின் வளர்ச்சியில் ஆக்கமும் ஊக்கமும் தந்தனர்.

பொறியியலை தமிழில் கொண்டுவர பல முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு, தற்போது அண்ணா பல்கலைக்கழகம் அதில் ஓரளவு வெற்றி பெற்றிருக்கிறது. எந்திரவியல் இளங்கலை தமிழிலும் நடத்தப்படுகிறது. அதில் அளவையியலும் ஒரு பாடமாகும். எனவே, தமிழில் பொறியியல் படிக்கும் மாணவர்களுக்கு ஒரு துணைவனாக இந்நூல் பயன்படும் என்று கருதுகிறேன்.

இந்நூல் அளவையியலின் அடிப்படையிலிருந்து, இன்றைய முன்னேற்றங்கள் வரையான, வளர்ச்சியை உள்ளடக்கிய 14 பாடங்களைக் கொண்டிருக்கிறது. மாணவர்கள் புரிந்துகொள்ளக் கூடிய எளிய தமிழில் எழுத முயன்றிருக்கிறேன். தமிழ்க் கலைச்சொற்கள் முதலில் வரும் இடங்களிலெல்லாம் ஆங்கில சொற்களையும் அடைப்புக் குறிக்குள் தந்திருக்கிறேன். மேலும், ஆங்கிலம்-தமிழ், தமிழ்-ஆங்கிலம் கலைச்சொல் பட்டியலும் இறுதியில் தரப்பட்டுள்ளது. இதனால் மாணவர்கள் தமிழில் பாடங்களைப் படித்து புரிந்து கொள்வது எளிதாக இருக்கும்.

இந்நூலின் ஒவ்வொரு பாடத்தின் இறுதியிலும், படித்த பாடங்களை நினைவு கூறவும், புரிந்து கொள்ளவும், மேற்கொண்டு சிந்திக்கவும் ஏற்ற குறுவினாக்களும், நெடு வினாக்களும் தரப்பட்டுள்ளன. மாணவர்கள் தேர்விற்கு தயார்படுத்திக் கொள்ள இவ்வினாக்கள் பயன்படும்.

இந்நூலின் ஒரு பகுதியாக, 18 அளவையியல் ஆய்வுக்கூட செய்முறைகளும், பொறியியல் பாட திட்டத்திற்கு ஏற்ப தரப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு செய்முறையும், நோக்கம், செய்முறைக்கு தேவைப்படும் கருவிகள், கோட்பாடு, வழிமுறை, மாதிரி அட்டவணை, மாதிரி கணக்கு, வரைபடம், முடிவு, தெரிவு என்ற பகுதிகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. இதனால்

மாணவர்கள், கோட்பாடுகளைப் புரிந்து கொள்வது எளிதாக இருக்கும். மேலும், இப்பகுதியை அளவையியல் ஆய்வுக் கூடத்தினர் ஒரு கையேடாகவும் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

இந்நூலாக்கத்தில் எனக்கு தொடர்ந்து ஊக்கமூட்டி, உரிய அறிவுரைகள் கூறி திருத்தம் செய்தவர்கள் முன்னாள் அண்ணா பல்கலைக்கழகப் பேராசிரியர் சு. வெங்கடசாமி அவர்களும், என் பள்ளித் தோழரும், முன்னோடியுமான முனைவர் உலோ. செந்தமிழ்க்கோதை அவர்களும் ஆவர். மேலும், பேராசிரியர் சு. வெங்கடசாமி அவர்கள் இந்நூலுக்கு நல்ல முகவுரையும் வழங்கியிருக்கிறார்கள். அவர்களுக்கு நான் என்றென்றும் கடமைப்பட்டுள்ளேன். அவர்களுக்கு என் நன்றியை உரித்தாக்குகிறேன்.

என் வாழ்க்கையில் திசை தெரியாமல் தடுமாறிய காலங்களில் எல்லாம் வெளிச்சம் காட்டி நல்ல விழுமியங்களைக் கற்பித்து வழிநடத்திக் கொண்டிருக்கும் என் பேராசான் முனைவர் வா.செ. குழந்தைசாமி அவர்கள் அணிந்துரை வழங்கியிருப்பது என் பேறாகும். அவர் அறிமுகப்படுத்திய அறிவியல் தமிழுக்கு ஓர் அணிலாக நான் செய்யும் கடனே இந்நூல். என் நன்றி மலர்களை அவர் காலடியில் படைக்கிறேன்.

இந்நூலை தட்டச்சு செய்த திருமதி.சுஜிதா, செல்வி.மலர்விழி, திருமதி. ஜோதி, திருமதி. கெமிலாதேவி மற்றும் அட்டைப்படம் வடிவமைத்துக் கொடுத்த திரு. கிரிஷ் ஆகியோருக்கும் என் நன்றியைத் தெரிவித்துக் கொள்கிறேன்.

சென்னை – 600 025 முனைவர் ப.அர. நக்கீரன்

நாள் : 10.09.2013

3

அணிந்துரை

கல்வியறிவில், அறிவியல் தொழில்நுட்ப ஆய்வில் ஏற்படும் முன்னேற்றங்கள் மக்களைச் சென்றடைய வேண்டுமானால், அவை மக்கள் பேசும் மொழியில் இருக்க வேண்டும். இக்குறிக்கோளை நிறைவேற்றக் கலைச்சொல் பேரகராதிகளை உருவாக்கி, அவற்றைக் கொண்டு பாடநூல்களும், அறிவியல் நூல்களும் உருவாக்கப்பட வேண்டும்.

இம்முயற்சியின் ஒரு முக்கியமான கட்டமாக என் தலைமையில் ஒரு கலைச்சொல் பேரகராதி உருவாக்கத் திட்டம் அமைக்கப்பட்டது. பேராசிரியர் ப.அர.நக்கீரன் அவர்கள் அதன் தனி அலுவலராகப் பணியாற்றினார். இத்திட்டத்தின் பயனாக, தமிழகத்தில் உள்ள பதினான்கு பல்கலைக்கழகங்களும் அவற்றின் துறைகளும் மதிப்பிடப்பட்டு, ஒவ்வொரு பல்கலைக்கழகத்திற்கும் அதன் தலையாய சிறப்பு வாய்ந்த துறை ஒதுக்கப்பட்டது. அத்துறையில் அப்பல்கலைக்கழகம் தனது பேராசிரியர்கள் தவிர தமிழகத்தின் மற்ற பல்கலைக்கழகங்களில் உள்ள பொருத்தமான நிபுணர்களையும் இணைத்துக் கொண்டு பல்வேறு தலைப்புகளில் கலைச் சொற்களை தொகுத்து உருவாக்கியது. ஒவ்வொரு பல்கலைக்கழகமும் உருவாக்கிய கலைச்சொற்கள் விரிவாகச் சீராய்வு செய்யப்பட்டுப் பதினான்கு தொகுதிகளாகத் தமிழக அரசின் சொல்லாக்கக் குழுவின் சார்பில், தமிழ் இணையக் கல்விக்கழகத்தால் வெளியிடப்பட்டுள்ளன.

அறிவியல் தமிழ் வளர்ச்சியில் இக் கலைச்சொல் பேரகராதி வரிசை ஒரு தலையாய முயற்சி. இதை அடித்தளமாகக் கொண்டு அறிவியல், தொழில்நுட்ப மாளிகைக்கு மேலும் பல தளங்கள் அமைக்கப்பட வேண்டும்; மற்றும் தனித் தலைப்புகளில் நூல்கள் எழுதப்பட வேண்டும் என்ற பொதுவான

குறிக்கோளைச் செயல்படுத்தும் விதமாக என் மாணவர் ப.அர.நக்கீரன் 'உற்பத்தி அளவையியல்' (Manufacturing Metrology) என்ற இந்நூலை எழுதியிருக்கிறார்.

தொழில்நுட்பத்தைப் பொருத்தவரை, பொருள் எதுவானாலும் அதன் முக்கியமான பரிமாணங்களை எண் வடிவில் சொல்லும் நிலையை எட்டினால் தான் அத்துறை போதுமான அளவிற்கு வளர்ச்சி கண்டிருக்கிறது என்று கூறலாம். எனவே உற்பத்திப் பொறியியலில் அளவையியல் ஒரு முக்கியமான கூறாகும். உருவாகும் எந்தப் பொருளும் அதன் முக்கியமான கூறுபாடுகள் அளக்கப்படாத வரையில், அதன் தரம் பற்றிய ஆய்வு முழுமையாகாது. எனவே அளத்தல் பற்றிய பாடங்கள் எல்லாத் துறைகளிலும் உள்ளன. நிலத்தை அளத்தல், மின்சாரத்தை அளத்தல், உற்பத்தியாகும் பொருள்களின் அளவை, வடிவை அளத்தல் என அவை வேறுபடலாம்.

இந்நூல் தொழிற்சாலைகளில் உற்பத்தியாகும் பொருள்களின் அளவையும் (Dimension) கோணத்தையும் (Angle), வடிவையும் (Form) அளக்கும் முறைகளையும் அதற்குப் பயன்படும் கருவிகளையும் விளக்குகிறது.

அளவையியலின் தோற்றம், அதன் வளர்ச்சி, அளத்தலின் தேவைகள் என்பதில் தொடங்கி, லேசர் அளவையியல் என்ற நவீன உத்திவரை பாடங்கள் விரிகின்றன. அறிவியல் தொழில்நுட்பத்தின் மொழி, வரைபடங்கள் என்பார்கள். இந்நூலில் தேவைப்படும் இடங்களில் எல்லாம் படங்கள் தரப்பட்டுள்ளமை இந்நூலின் ஒரு சிறப்பாகும். படங்கள் தரமாக வரையப்பட்டுள்ளன என்பதை நான் இங்கு குறிப்பிட வேண்டும்.

அறிவியல் – தொழில்நுட்பத் துறைகளில் தமிழில் பாடநூல்கள் மிகவும் குறைவு. இந்நூல்களை மட்டுமே துணையாகக் கொண்டு ஒரு பாடத்தில் தேவையான அறிவைப் பெற இயலாது. ஆங்கிலத்தில் உள்ள பிற நூல்களையும் பயன்படுத்த வேண்டும். எனவே தமிழில் எழுதப்படும் நூல்களுக்கும், ஆங்கில நூல்களுக்கும் இடையில் ஒரு தொடர்பு இருக்க வேண்டும்.

இத்தொடர்பை ஏற்படுத்தவும், ஆங்கிலத்திலுள்ள விளக்கங்களைப் புரிந்து கொண்டு, கற்பதற்குத் துணை செய்யவும் உதவுபவை பொதுவான கலைச் சொற்களே. எனவே, தமிழ்க் கலைச்சொற்கள் முதலில் வரும் இடங்களில் எல்லாம், அதற்கு ஈடான ஆங்கிலக் கலைச்சொற்கள் அடைப்புக் குறிக்குள் தரப்பட வேண்டும் என்பதன் அவசியத்தை உணர்ந்து, ஆசிரியர் அத்தேவையை நிறைவேற்றியிருக்கிறார். மேலும் நூலின் இறுதியில், தமிழ் – ஆங்கிலம், ஆங்கிலம் – தமிழ் என்று கலைச்சொற்களின் தொகுப்புத் தரப்பட்டுள்ளது. சந்தேகம் வரும் இடங்களில், இதன் மூலம் தெளிவு பெறலாம்.

ஒரு பாடத்தைப் பற்றிய நூலறிவோடு செய்முறைப் பயிற்சியும் சேர்ந்தால்தான் தொடர்புள்ள அறிவு முழுமையடையும். அந்த வகையில், இந்நூலில் 19 செய்முறைப் பயிற்சிகளும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

பொறியியல் மாணவர்களின் பாடத்திட்டத்தை ஒட்டி இச் செய்முறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இச்செய்முறைகளில் அதன் நோக்கம், கருதுகோள், செய்யும் முறை, முடிவு (Result), தெரிவு (Inference) என்ற கூறுகளுடன், ஒவ்வொரு செய்முறைக்கும் ஒரு எடுத்துக்காட்டும் தரப்பட்டுள்ளமை இந்நூலின் மற்றொரு சிறப்பாகும்.

அளவையியல் பற்றிய ஒரு முழுமையான பாடநூலாக எளிய தமிழ் நடையில் இதனை உருவாக்கப் பேராசிரியர் ப.அர.நக்கீரன் முயன்றிருக்கிறார். இம் முயற்சி வெற்றி பெற வாழ்த்துகிறேன். இது போன்ற மேலும் பல பொறியியல் நூல்களைத் தமிழில் தொடர்ந்து அவர் எழுத வேண்டும்.

இந்நூலை மாணவர்களும், மற்றையோரும் படித்துப் பயன் பெறுவார்கள் என்று நம்புகிறேன்.

பேராசிரியர் வா . செ . குழந்தைசாமி

சென்னை – 600 090. மேனாள் துணைவேந்தர்.

நாள் : 17.09.2013

முகவுரை

தாய்மொழி வழி கற்றல் எளிது என்பது அனைவரும் அறிந்த ஒன்று. பொறியியலை தமிழில் கற்பிப்பதற்குப் பல்வேறு நிலைகளில் பல முயற்சிகள் தொடர்ந்து நடந்து வருகின்றன. இந்த முயற்சியில் ஒரு முக்கியமான இடர்ப்பாடாக இருப்பது பொறியியல் பாடங்களில் தமிழில் பாடநூல்கள் மிகவும் குறைவு என்பது. தமிழ் தெரிந்த, ஆனால் ஆங்கில வழி பொறியியல் கல்வி பயிலுவோருக்கும் தமிழில் பொறியியல் பாடநூல்கள் இருந்தால் அவைகளை வாசித்துப் பாடங்களின் புரிதலை எளிதாக்கலாம். இந்தத் திசையில் மிகவும் பாராட்டத்தக்க முயற்சியாகப் பொறியியலாளரும் தமிழில் வல்லுநருமான முனைவர் ப.அர. நக்கீரன் அவர்களின் “உற்பத்தி அளவையியல்“ என்ற இந்தப் பாடநூல் ஒரு முக்கிய மைல் கல்லாக அமைகிறது. அவர் கையாள எடுத்துக் கொண்ட “அளவையியல்” எனும் பாடம் உற்பத்தி பொறியியலின் உயிர்நாடி போன்றது. இந்தப் பாடத்தைக் கற்பிப்பதில் தனக்குள்ள 35+ வருட அனுபவத்தின் பின்னணியில், அறிவியல் தமிழில் தனக்குள்ள திறமையைப் பயன்படுத்தி இந்தச் சிறந்த பொறியியல் பாடநூலைச் சிறப்பாகவும் எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளும்படியும் அவர் எழுதியிருக்கிறார். குறிப்பாக, தமிழ்வழி பொறியியல் பயிலும் மாணவர்களுக்கும் மற்றும் இந்தப் பாடத்தைக் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்களுக்கும் பயனுள்ள வகையில் இந்த நூல் அமைந்துள்ளது.

இந்நூலின் பொருள் ஆழத்தில் ஆசிரியரது ஆழ்ந்த அனுபவமும் இந்தப் பாடத்தில் அவருக்குள்ள புலமையும் பளிச்சிட்டிருக்கின்றன. அளவையியலின் முழுப் பரிமாணத்தையும் இதில் உள்ள 14 பகுதிகளில் சுவை குன்றாமல், விரிவும் தேவைக்கேற்ப ஆழமும் கொடுத்துச் சரளமான நடையில் வழங்கியிருக்கிறார். “தமிழ்” பாடநூலாக இருப்பினும் தேவையான தவிர்க்க முடியாத இடங்களில் எளிய பயன்பாட்டைக் கருதி

ஆங்கிலச் சொற்கள் / பெயர்கள் அப்படியே பயன்படுத்தப் பட்டிருப்பது நூலை மாணவ-நட்பு மிகுந்ததாகச் செய்கிறது. பாடத்தில் சிக்கலான பகுதிகளை எளிதில் புரிந்துகொள்ளும் விதமாக எளிய வரைபடங்கள், புகைப்படங்கள், எடுத்துக்காட்டுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இறுதியில் வரும் “செய்முறை அளவையியல்” பகுதி மாணவருக்கும், பயிற்சியாளருக்கும் செய்முறைப் பயிற்சிக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கும்.

இந்த நூல் பொறியியலின் நுட்பமான அங்கமான “அளவையியலை” உண்மையான ஆர்வத்துடன் பயில விரும்புவோருக்கும் மற்றும் பயிற்றுவிப்போருக்கும் மிகவும் பயன்படும் பாடநூலாக அமையும் என்று உறுதியுடன் என் கருத்தைப் பதிவுசெய்கிறேன். இந்நூலுக்கு முகவுரை எழுதும் பேறு கிடைத்தமைக்கு மிகவும் மகிழ்ச்சி.

நல்வாழ்த்துக்களுடன், முனைவர். சு. வெங்கடசாமி

பேராசிரியர் (ஓய்வு),

அண்ணா பல்கலைக்கழகம்,

சென்னை-600 025.

THIS BOOK WAS PRODUCED USING

PRESSBOOKS.COM

Easily turn your manuscript into

EPUB *Nook, Kobo, and iBooks*

Mobi *Kindle*

PDF *Print-on-demand and digital distribution*

PRESSBOOKS.COM

Simple Book Production

1

Main Body

1

அளவையியலின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும்

பாடம் **: 1**

அளவையியலின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும்

(GENESIS AND PROGRESS OF METROLOGY)

1.1 அளவையியல் என்றால் என்ன?

தொழிற்சாலையில் உருவாகும் பொருட்களை அளத்தல் பற்றிய அறிவியலே அளவையியல் ஆகும். பொதுவாக அளத்தல் என்பது தொலைவை அளத்தல், விசையை அளத்தல், வெப்பநிலையை அளத்தல் என்று பலவகைப்படும். இங்கு அளவையியல் என்றால் அவற்றைக் குறிக்காது. தொழிற்சாலையில் உருவாகும் பொருட்களின் நீளம், அகலம், ஆழம், உயரம், விட்டம் போன்ற நேர் அளவுகளையும் (Linear measurement), சாய்வு மட்டம், கோணம் போன்ற கோண அளவுகளையும் (Angular measurement), பரப்புச் சீர்மை (Surface finish), நேர்க்கோட்டுத் தன்மை (Straightness), தட்டைத்தன்மை (Flatness), வட்டத்தன்மை (Roundness), உருளைத்தன்மை (Cylindricity), கோளத்தன்மை (Sphericity) போன்ற வடிவ (Geomentry) அளவுகளை எப்படி அளப்பது என்பது பற்றியும், அதற்குப் பயன்படும் அளக்கும் கருவிகளைப் பற்றியும், அளக்கும் முறைகளைப் பற்றியும் கூறுவதே அளவையியல் ஆகும்.

1.2 அளவையியலின் தேவை

நீராவி எந்திரம் கண்டுபிடித்த பிறகு, மனித ஆற்றலை விடப் பல மடங்கு ஆற்றல் தொழிற்கூடங்களுக்கு கிடைத்தது. கைகளையும், கால்களையும் பயன்படுத்தி பொருட்களை உற்பத்தி செய்த காலம் மாறி எந்திரங்களைப் பயன்படுத்தும் காலம் தோன்றியது; தொழிற்புரட்சிக்கு வித்திட்டது.

கருமான் பட்டறைகளிலும், தச்சர் பணிமனைகளிலும் மற்ற கைவினைஞர் கூடங்களிலும் ஒன்று இரண்டு என மிகக்குறைவாக பொருட்களை உற்பத்தி செய்த நிலைமாறி ஆயிரமாயிரமாக பெருவாரியாக உற்பத்தி (Mass production) செய்யும் நிலை ஏற்பட்டது.

ஒரு மாட்டு வண்டியின் சக்கரத்தை செய்துவிட்டு அதற்கேற்ப அச்சின் அளவை நிர்ணயித்து செய்து விடலாம். ஒரு வீட்டு வாசற்கால்களை செய்துவிட்டு, அதன் அளவுக்கு ஏற்ப கதவுகளை செய்து கொள்ளலாம். அப்படியே அளவுகள் மாறுபட்டாலும், செதுக்கி சரி செய்து கொள்வது எளிது. ஆகவே அளவுகளின் துல்லியம் அவ்வளவாகத் தேவைப்படவில்லை.

ஆனால், பெருவாரியாக பொருட்களை உற்பத்தி செய்யும் போது இந்த உத்தியை பயன்படுத்த முடியாது. ஏனென்றால் தொழிற்சாலைகளில் உற்பத்தியாகும் ஒரு கருவி, ஒரு கார், ஒரு எந்திரம் என்பவை எல்லாம் பல நூறு உதிரி உறுப்புகளால் ஆனவை. ஒவ்வொரு உறுப்பும் ஒரே இடத்தில் செய்யப்படுவதில்லை. பல்வேறு இடங்களில் செய்யப்பட்டு அல்லது வாங்கப்பட்டு ஒரு இடத்தில் இணைக்கப்படுகின்றன. அப்படி இணைக்கும்போது அவை சரியாக பொருந்தி தேவைப்பட்ட இயக்கத்தை கொடுக்க வேண்டும். ஒரு அச்சில் சக்கரம் சுழல வேண்டுமானால் அச்சுக்கும்,

சக்கரத்தின் துளைக்கும் இடையே சற்று இடைவெளி இருக்க வேண்டும். இந்த இடைவெளி குறைவாக இருந்தால் சக்கரம் சரியாக சுற்றாது; அதிகமானால் அதிர்வையும், ஓசையும் ஏற்படுத்துவதோடு இயக்கமும் சீராக இருக்காது. ஆனால் சக்கரம் அச்சோடு சுழல வேண்டுமானால் (இரயில் சக்கரங்களைப்போல) இடைவெளி இருக்கக் கூடாது. சக்கரம் அச்சை கெட்டியாக கவ்விக் கொள்ள வேண்டும்.

ஆகவே, தேவைப்படும் இயக்கங்களுக்கு ஏற்ப உதிரி உறுப்புக்களின் அளவுகள் (Dimension) தீர்மானிக்கப்பட்டு வடிவமைக்கப்படுகின்றன.

ஆனால், ஒரு உறுப்பை வரையறுக்கப்பட்ட ஒரே அளவில் துல்லியமாக உருவாக்குவது அரிய செயலாக முதலில் இருந்தது. ஏனெனில் அந்த உறுப்பைச் செய்யும்போது பொறியில் ஏற்படும் மாற்றங்கள், செய்யும் தொழிலாளியின் செயல்பாட்டில் மாறுபாடு, செய்யப்படும் உலோகத்தில் உள்ள குறைகள், சுற்றியுள்ள சூழலால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் போன்றவற்றால் உறுப்புகளின் அளவுகளிலும் சற்று மாறுபாடு காணப்படும். 25 மி.மீ. விட்டமுள்ள ஒரு உருளையைக் கடையும்போது, அது சரியாக 25 மி.மீ. இருக்காது; சற்றுக் கூடுதலாகவோ, குறைவாகவோ இருக்கும். இந்த அளவு மாறுபாடு மிகவும் அதிகமாக இருந்தால், முன்னர் காட்டியபடி இணைப்பில் சிக்கல் ஏற்படும்.

ஆகவே, இணைப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களைக் கருத்தில் கொண்டும், பொருட்களின் இயக்கத் தேவைகளைக் கருத்தில் கொண்டும் ஓரளவு அளவு மாற்றங்களை அனுமதிப்பார்கள். பொறுத்துக் கொள்ளக் கூடிய இந்த மாற்றத்தை பொறுதி (Tolerance) என்று கூறுவர்.

ஒரு உறுப்பின் தரத்தை நிர்ணயிக்கும் போது அதன் அளவு மாறுபாடுகள் கொடுக்கப்பட்ட பொறுதி அளவுக்கேற்ப கட்டுப்பாட்டில் உள்ளனவா என்பதை அளந்து சரிபார்ப்பது மிகவும் அவசியமான ஒன்றாகும்.

தொடக்கக் காலங்களில் ஒரு உறுப்பைச் செய்து முடித்த பிறகு அதனை அளந்து பார்ப்பார்கள். அளவுகள் கட்டுப்பாட்டுக்குள் இருந்தால் ஏற்றுக் கொள்வார்கள். இல்லையென்றால் தேவையில்லை என்று ஒதுக்கி விடுவார்கள். செய்யப்பட்ட ஒரு உறுப்பு ஒதுக்கப்படும் போது அதற்கு தேவைப்பட்ட உலோகம், பொறிகளின் நேரம், பணியாளரின் நேரம் என்று எல்லாமே வீணாகிறது; செலவுகள் கூடுகிறது; இலாபம் குறைகிறது.

உறுப்பைச் செய்கின்ற இடமும், அளக்கின்ற இடமும் வேறுவேறாக இருப்பதால் இந்த இரண்டு செயல்களுக்கும் நடுவில் ஒரு பெரிய இடைவெளி இருந்தது. செய்முறை சரியில்லை என்று அளப்பவர் கூறுவார். அளந்த முறை சரியில்லை என்று செய்யும் பணியாளர் கூறுவார். இந்த குறைகூறும் போக்கினால் எங்கே தவறு நேர்கிறது என்பதைக் கண்டறியும் நிலை மறைந்து உறுப்புகள் வீணாவது தொடர்ந்து கொண்டிருக்கும்.

இந்தக் குறைபாட்டைக் குறைக்க, நீக்க ஏற்பட்ட முதல் முயற்சிதான் புள்ளியியல் தரக்கட்டுப்பாடு (Statistical Quality Control) என்பது. இந்த முறையில் உறுப்புகளின் அளவு மாறுபாடுகளைக் கண்காணிப்பதோடு, அவை கட்டுப்பாட்டை மீறுவதற்கு முன்னரே உற்பத்தியை நிறுத்தி, சரியான காரணத்தைக் கண்டறிந்து குறைகளை நீக்கி சரி செய்துவிட முடியும்.

இந்த முறையிலும் உறுப்புகள் செய்து முடிந்தபிறகு, அதில் பதம் எடுத்து (Sampling) அளந்து, கணக்கிட்டு, கட்டுப்பாட்டுக்குள் உள்ளதா என்று கண்டறிய வேண்டும். இந்தக் கால இடைவெளியில் உற்பத்தியாகும் உறுப்புகள் வீணாவதற்கு வாய்ப்புகள் உள்ளன. ஆகவே, மிகவும் வேகமாக உற்பத்தி செய்யப்படும் பொருட்களுக்கு புள்ளியியல் தரக் கட்டுப்பாடு முறை ஏற்றதல்ல.

இன்று உறுப்புகளுக்கு கொடுக்கப்படும் பொறுதி அளவுகள் மிக நுட்பமாக மைக்ரோமீட்டர், நானோ மீட்டர் என்று குறைந்திருக்கிறது. மேலும் உற்பத்தி தொழில்நுட்பத்தில் பெரும் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கின்றன. கடைசல் பொறிகள் (Lathe), துருவல் எந்திரங்கள் (Milling Machine), சாணை எந்திரங்கள் (Grinding machines) போன்ற சாதாரணப் பொறிகளில் செய்யப்பட்ட பொருட்கள் இன்று எண்வழிக் கட்டுப்பாட்டு எந்திரங்களிலும் (Numerical Control Machines) கணினி வழி உற்பத்தி முறைகளிலும் (Computer aided Manufacturing) செய்யப்படுகின்றன.

சாதாரண எந்திரங்களில் செய்வதை விட மிகத் துல்லியமாக இந்த நவீன உற்பத்தி முறைகளில் செய்ய முடியும். மேலும் இந்த முறைகளில் பல சிக்கலான வடிவங்களையும் செய்ய முடியும்.

ஒரு பொருளை நுட்பமாக செய்வதோடு பணி முடிந்து விடுவதில்லை. அதனைச் சரியாகவும், துல்லியமாகவும் அளந்து பார்த்து தரத்தை உறுதி செய்யவும் வேண்டும். ஒரு பொருளைச் செய்கின்ற பொறிகளின் துல்லியத்தை விட அதனை அளந்து சரிபார்க்கும் முறைகளின் துல்லியம் பத்து மடங்குக்கு மேல் இருக்க வேண்டும் என்பது பொது விதி. ஆகவே, இன்று

சிக்கலான வடிவ அமைப்புகள் கொண்ட பொருட்களை மிகத் துல்லியமாக அளக்கும் கருவிகள் மிகவும் தேவைப்படுகின்றன.

ஒரு பொருளை மிக வேகமாகவும், துல்லியமாகவும் செய்யும்போது, செய்யும் முறையில் ஒரு சிறிய தவறு நேர்ந்தாலும், மிகக் குறைந்த கால இடைவெளியில் பல பொருட்கள் வீணாகிவிடும். ஆகவே, ஒரு பொருளை செய்த பிறகு அளந்து பார்ப்பதை விட, அது பொறியில் உருவாகும் போதே அளந்து கண்காணித்து, தேவைக்கேற்ப மாற்றங்களை உடனுக்குடன் செய்து குறைகளைக் களைவதும், தரமான பொருட்களை செய்வதும் சிறந்த முறையாக இன்று கருதப்படுகிறது.

பொருள் உற்பத்தியாகும் போது அதனைத் தொடாமல், ஆனால் துல்லியமாக அளவிடுவது எப்படி? அளவு மாறுபாடுகளுக்கு ஏற்ப பொறியைக் கட்டுப்படுத்துவது எவ்வாறு? இது இயலுமா?

இத்தகைய கேள்விகளுக்கு விடையாக இன்று பல நவீன அளக்கும் தொழில் நுட்பங்கள் வந்திருக்கின்றன. அவற்றில் லேசர் அளவையிலும் (Laser metrology), பார்க்கும் எந்திரங்களும் (Machine vision) அடங்கும். இத்தகைய முறைகளினால் நீள, அகலங்களையும், பரப்பின் மென்மையையும், கோண அளவுகளையும், வட்டத் தன்மைகளையும் ஒரே நேரத்தில் பொருட்களைத் தொடாமல் அளந்து விடலாம்.

1.3 அளவுகளின் வகைகள்

தொழிற்சாலைகளில் உருவாகும் உறுப்புக்களின்

அளவுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு அவற்றை கீழ்கண்டுள்ளபடி பிரிக்கலாம்.

(1) நேர் அளவுகள் (Linear Measurement)

(2) கோண அளவுகள் (Angular Measurement)

(3) வடிவ அளவுகள் (Geometrical Measurement)

1.3.1 நேர் அளவுகள் என்பவை:

(1) நீளம், அகலம், உயரம், ஆழம்

(2) விட்டம், ஆரம்

(3) இரண்டு புள்ளிகளுக்கோ, துளைகளுக்கோ இடையிலான தூரம்

1.3.2 கோண அளவுகள் என்பவை:

(1) இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையிலான கோணம்

(2) சாய்வு / சரிவு

1.3.3 வடிவ அளவுகள்

வடிவ அளவுகள் என்பவை நேர் மற்றும் கோண அளவுகளின் இணைப்பாகும். வடிவ அளவுகளை நேரடியாக அளக்க முடியாது. நேர் மற்றும் கோண

அளவுகளை அளந்து அதன்மூலம் கணக்கிடப்பட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை ஒரு குறிப்பிட்ட தூர இடைவெளியில் கோணத்தை அளந்து அதிலிருந்து கணிக்க வேண்டும்.

(1) நேர்க்கோட்டுத் தன்மை (Straightness)

(2) தட்டைத் தன்மை (Flatness)

(3) வட்டத் தன்மை (Roundness)

(4) உருளைத் தன்மை (Cylindricity)

(5) கோளத்தன்மை (Sphericity)

(6) செங்குத்துத் தன்மை (Squareness)

(7) இணைத்தன்மை (Parallism)

(8) பரப்புத் தன்மை (Surface finish)

இவற்றோடு பல்சக்கரத்தின் பல்வடிவ அமைப்பும் (Gear profile), திருகாணியின் அமைப்பும் (Screw thread profile) மற்றும் காற்றியக்க வடிவ அமைப்புகளும் (Aero foil profile) இதில் அடங்கும்.

1.4 அளக்கும் கருவிகள்

அளவு வகைகளுக்கு ஏற்ப அளக்கும் கருவிகளை கீழ்க்கண்டுள்ளவாறு வகைப்படுத்தலாம்.

நேர் அளவிகள்	கோண அளவிகள்
அளவுகோல் (Scale)	கோணமாணி (Bevel

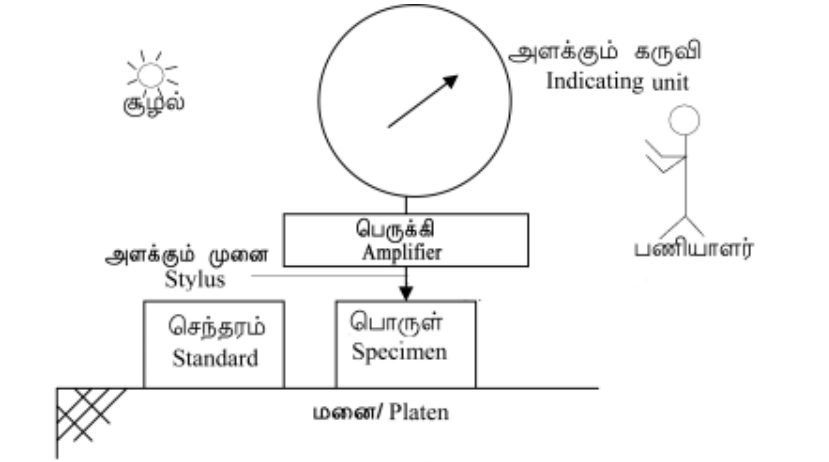
protracter)

வெர்னியர் அளவுகோல் (Vernier Caliper)	சாராய மட்டம் (Spirit level)
நுண்ணளவிகள் (Micrometer)	சரிவுமானி (Clino meter)
ஒப்பளவிகள் (Comparators)	சைன் மட்டம் (Sin bar)
முகப்பு அளவிகள் (Dial gauges)	தானெதிர் ஒளிமானி (Auto collimeter)
உயர அளவிகள் (Height gauges)	கோண ஒப்பளவி (Angle dekker)
ஆழ அளவிகள் (Depth gauges)	தொலைநோக்கி (Alignment telescope)
நழுவுக் கடிகைகள் (Slip gauges)	கோணக் கடிகைகள் (Angle gauges)
நீளக் கோல்கள் (Length bars)	

ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரமும் (Co-ordinate measuring machine), நேர், கோண, வடிவ அளவுகளை அளக்க வல்லவை. இந்த எந்திரங்கள் கணிப்பொறிகளின் துணையால் இயங்குவதால் அளவுகளை அளப்பதோடு அவற்றைப் பதிவு செய்து நேரடியாக வரைபடங்களையும் கொடுக்கவல்லவை.

1.5 அளவிடும் அமைப்பு

அளக்கப்படும் பொருள், அளவிடும் கருவி, அளக்கும் பணியாள், அளக்கும் சூழல் என்பதோடு செந்தரம் (Standard) என்ற ஐந்து கூறுகளைக் கொண்டதுதான் அளவிடும் அமைப்பு ஆகும்.



படம்-1.1 அளவிடும் அமைப்பு

1.6 செந்தரம்

ஒரு அளவுகோல் (Scale) வாங்குகிறோம். அது சரியாக இருக்கிறதா என்பதை எப்படி கண்டுபிடிப்பது? கடைக்குச் சென்று 1 கிலோ பொருள் ஒன்றை வாங்குகிறோம். அது சரியாக ஒரு கிலோ இருக்கிறதா என்பது எப்படி தெரியும்? அல்லது கடைக்காரர் பயன்படுத்தும் எடைக்கல் சரியாக ஒரு கிலோதான் என்பதை எப்படி உறுதிப்படுத்துவது?

கடைக்காரரின் எடைக்கல்லை சரிபார்க்க சரியான எடையுள்ளது என்று நிரூபிக்கப்பட்ட ஒரு மூல எடைக்கல்லை வைத்து நிறுத்துப் பார்த்துவிடலாம். அந்த நிரூபிக்கப்பட்ட எடைக்கல்லே செந்தரமாகும்.

செந்தரங்களின் துல்லியத்தையும் பயன்பாட்டையும் பொருத்து அவை, கீழ்க்கண்டுள்ள வகையில் பிரிக்கப்படுகின்றன.

(1) முதன்மை செந்தரங்கள் (Primary standards)

(2) இரண்டாம் நிலை செந்தரங்கள் (Secondary standards)

(3) மூன்றாம் நிலை செந்தரங்கள் (Tertiary standards)

(4) பயன்பாட்டு செந்தரங்கள் (Working standards)

பல்நாட்டு மீட்டரும், பல்நாட்டு கெஜமும் முதன்மை செந்தரங்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இந்த முதன்மை செந்தரங்களைப் போலவே நகல்கள் தயாரிக்கப்பட்டு பல இடங்களில் வைத்து பயன்படுத்தப்படும். இவை இரண்டாம் நிலை செந்தரங்கள் ஆகும். இவை அவ்வப்போது முதன்மை செந்தரங்களோடு ஒப்பிடப்பட்டு பாதுகாக்கப்படும்.

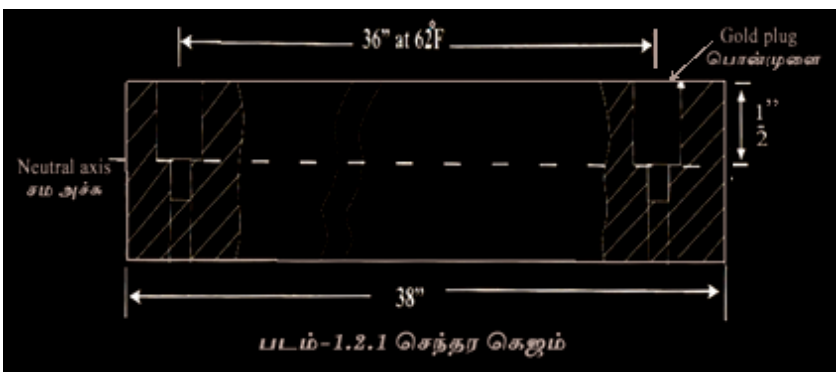
முதன்மை செந்தரங்களும், இரண்டாம் நிலை செந்தரங்களும் ஒப்புநோக்கப் பயன்படும் தலையாய செந்தரங்கள் ஆகும். இவற்றை தொழிற்சாலைகளிலும், ஆய்வுக் கூடங்களிலும் பயன்படுத்த முடியாது. ஆகவே அங்கெல்லாம் பயன்படுத்த ஏதுவாக உருவாக்கப்பட்ட செந்தரங்களே மூன்றாம் நிலை செந்தரங்கள் ஆகும். இவை இரண்டாம் நிலை செந்தரங்களின் உண்மையான நகல்கள் ஆகும்.

1.6.1 முதன்மை செந்தரங்கள்

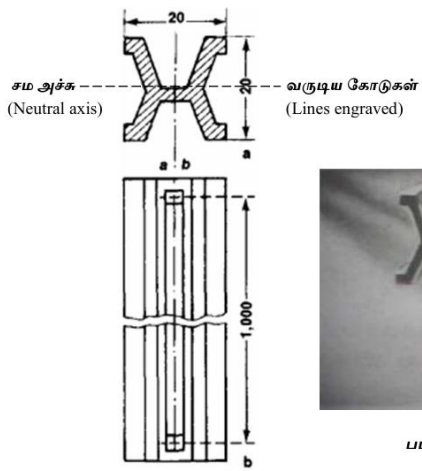
செந்தர கெஜம் என்பது 1 சதுர அங்குலமும், 38 அங்குல நீளமும் கொண்ட வெங்கலச் சட்டம் ஆகும். இதில் 36 அங்குலம் மைய இடைவெளியில் ½ அங்குல ஆழமும், ½ அங்குல விட்டமும் கொண்ட துளையில் பொன் முளைகள் செருகப்பட்டிருக்கும். முளைகளின்

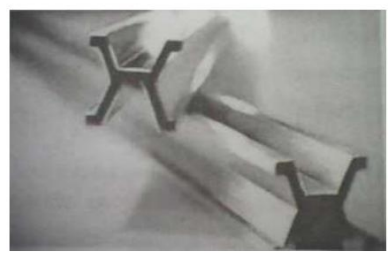
மேற்பரப்பு வெங்கலத் தண்டின் சம அச்சில் (Nuetral axis) இருக்கும். தண்டு வளைந்தாலும் அல்லது தண்டின் மேற்பரப்பில் எந்த பழுது ஏற்பட்டாலும் அது பொன் முளைகளை பாதிக்காது. பொன் முளைகளின் மேற்பரப்பு மிகவும் மென்மையாக்கப்பட்டு அதன்மேல் மூன்று கோடுகள் குறுக்கு வாட்டிலும், இரண்டு நெடுக்கிலும் போடப்பட்டிருக்கும். ஒரு கெஜம் என்பது இரண்டு பொன் முளைகளின் மேலுள்ள நடுக்கோடுகளுக்கு இடையிலுள்ள தூரமாக வரையறுக்கப்படும். இந்த தண்டு சரியாக 20^0 வெப்ப நிலையில், இரண்டு உருளைக்கு மேல் வளையாதவாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

ஆனால் இன்று மெட்ரிக் அளவு முறையே பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் ஒரு மீட்டர் என்பதுதான் செந்தர அளவாகும். இது பிளாட்டினம் இருடியம் கலவை உலோகத்தால் ஆனது. இதன் குறுக்குத் தோற்றம் படம்-1.2.2-ல் காட்டியுள்ளதைப் போல X வடிவில் இருக்கும். இதன் நடுப்பகுதி மென்மையாக்கப்பட்டு இரண்டு நுட்பமான கோடுகள் போடப்பட்டிருக்கும். இந்த இரண்டு கோடுகளுக்கு நடுவில் உள்ள தொலைவே ஒரு செந்தர மீட்டர் எனப்படும். இந்த தண்டு 0^0 C வெப்பநிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம்-1.2.1 செந்தர கெஜம்





படம்-1.2.2 செந்தரமீட்டர்

இந்த செந்தரங்களை பயன்படுத்துவது என்பது அவ்வளவு எளிதான காரியமல்ல. இவை தட்ப வெப்பநிலைக்கேற்ப மாறக்கூடியது. இதன் நகல் செந்தரங்கள் வேறெங்கும் இல்லை. இதை வைத்து மற்ற அளவுகோல்களையும், கருவிகளையும் ஒப்பிடுவதும் கடினம். ஆகவே, இந்த குறைபாடுகளைப் போக்க அலை நீள் செந்தரம் ஏற்படுத்தப்பட்டது. இதில் 1 மீட்டர் என்பது கிரிப்டான் 86 isotopeல் இருந்து பரவும் ஒளியின் வேகத்தைக் கொண்டு வரையறுக்க ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது. இதன்படி, ஒரு மீட்டர் என்பது ஒரு வெற்றிடத்தில் 1/299792458 விநாடியில் ஒளி செல்லும் தூரம் ஆகும். இதனை ஈலியம்-நியான் லேசரைக் கொண்டு எளிதாக அளந்து விடமுடியும். இதன்

துல்லியம் 10^{11}-ல் ஒரு பங்கு. அதாவது பூமியின் விட்டத்தை 1 மி.மீ. துல்லியத்தில் அளக்க முடியும். இதனால் பல நன்மைகள் உண்டு. அவை,

(1) வெப்பதட்ப நிலைகளால் மாறாது.

(2) இதை ஓரிடத்தில் வைத்து பாதுகாக்கத் தேவையில்லை.

(3) இதில் எந்த உலோகமும் இல்லாததால், தேய்மானமோ, அரிப்போ இருக்காது.

(4) எந்த இடத்திலும் துல்லியமாக செந்தரத்தை ஏற்படுத்தி பயன்படுத்த முடியும்.

1.6.2 பயன்பாட்டு செந்தரங்கள்

அன்றாடம் தொழிற்சாலைகளிலும் ஆய்வுக் கூடங்களிலும் பயன்படும் கருவிகளை அளவீடு செய்யவோ, தேவைப்பட்டால் நேரடியாக அளப்பதற்கு பயன்படுத்தவோ ஏதுவாக உருவாக்கப்பட்டவைதான் பயன்பாட்டு செந்தரங்கள் ஆகும். இவை முதல்நிலை செந்தரங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டவை. சிக்கனத்திற்காக சற்று விலைகுறைந்த உலோகத்தால் ஆனவை. பயன்பாட்டுக்கு ஏதுவாக இவையும்,

(1) வரி செந்தரங்கள் (Line standards) என்றும்,

(2) முனை செந்தரங்கள் (End standards) என்றும் வகைப்படும்.

வரி செந்தரங்களில் இரண்டு வரிகளுக்கு (கோடுகளுக்கு) இடையிலுள்ள தொலைவு செந்தர அளவாகும். ஆனால் முனை செந்தரங்களில் ஒரு தண்டின் இரண்டு முனைகளுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவு செந்தர அளவாகும்.

இரண்டு வரிகளுக்கு இடையிலான தொலைவை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதைவிட இரண்டு முனைகளுக்கு இடையிலான தொலைவை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதும், அளவீடு செய்வதும் எளிதாகும். 100 மி.மீ. அளவுக்குள் நழுவுக் கடிகைகளும் (Slip gauge) அதற்குமேல் நீளத் தண்டுகளும் (Length bars) செந்தரங்களாகப் பயன்படுகின்றன.

1.6.3 வரி செந்தரங்களின் நன்மைகளும், குறைகளும்

(1) வேகமாக, எளிதாக, சிக்கனமாக அளவெடுக்கவும், நீண்ட அளவுகளுக்கும் ஏற்றது.

(2) பல்வேறு அளவுகளில் கிடைக்கிறது.

(3) வரிகள் துல்லியமாக கீரப்பட்டிருந்தாலும், வரிகளின் கனம்கூட அளவை பாதிக்கும்.

(4) அளக்கும்போது இடமாறு தோற்றப்பிழையினால் (Parallax error) குறை ஏற்படும்.

(5) செந்தரத்தின் சரிநுட்பம் குறைவாகவே (Accuracy) இருக்கும். மேலும் இதை பார்ப்பதற்கும் பெருக்கு ஆடிகள் (Magnifying glass) தேவைப்படும்.

1.6.4 முனை செந்தரங்களின் நன்மைகளும், குறைகளும்

(1) இவை மிகவும் துல்லியமானவை.

(2) மிகக் குறுகிய பொறுதிகளைக் கொண்ட நுட்பமான பொருட்களை அளப்பதற்கும், ஆய்வுக் கூடங்களிலும், பட்டறைகளிலும் பயன்படுத்தவும் ஏதுவானவை.

(3) முனை செந்தரங்களை ஒன்றோடு ஒன்றாக இணைத்து வேண்டிய அளவை அளக்க முடியும்.

(4) ஆனால் ஒரு நேரத்தில் ஒரு அளவை மட்டுமே அளக்க முடியும்.

(5) முனைகள் தேய்ந்து துல்லியம் கெடும் வாய்ப்பு அதிகம்.

(6) அளப்பதற்கு நேரமாகும்.

(7) இடமாறு தோற்றப்பிழை ஏற்படாது.

(8) தொடு உணர்வை வைத்து அளப்பதால் அளவில் மாறுபாடு ஏற்படும் வாய்ப்பு உண்டு.

1.6.5 செந்தரங்களை அளவீடு செய்தல்

அன்றாடம் பயன்படுத்தும் கருவிகளை, பட்டறை செந்தரங்களைக் கொண்டு அளவீடு செய்யலாம். பட்டறை செந்தரங்களை, ஒப்பீட்டு செந்தரங்களைக் கொண்டு அளவீடு செய்யலாம். ஒப்பீட்டு செந்தரங்களை மூன்றாம் நிலை செந்தரங்களைக் கொண்டு அளவீடு செய்யலாம். இப்படி படிப்படியாக மேலே போனால் முதல்நிலை செந்தரங்களை அளவீடு செய்ய வேண்டிய நிலைக்கு வரலாம். அதனை ஒளியியல் அடிப்படையில் தான் அளவீடு செய்ய முடியும்.

ஒளிக்குறுக்கீட்டு (Lighting interference) முறையில் எதிரொலிக்கும் கண்ணாடி நகரும்போது ஒளிநீளத்தை அளக்க முடியும். அதனால் சரியாக எவ்வளவு தூரம் கண்ணாடி நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை கணக்கிட்டு விட முடியும். கண்ணாடி வரி செந்தரத்தோடு இணைக்கப்பட்டிருந்தால், நுண்ணோக்கி மூலம் அது நகர்ந்திருக்கும் தொலைவை அளந்துவிடலாம். இவை இரண்டையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து செந்தரத்தை அளவீடு செய்யலாம்.

இதேபோல் ஒரு முனை செந்தரத்தையும் அலைநீள செந்தரத்தைக் கொண்டு அளவீடு செய்யலாம்.

வரி செந்தரங்கள் அளவீடு செய்யப்பட்டு விட்டால் அவற்றைக் கொண்டு முனை செந்தரங்களையும், முனைக் கடிகைகளையும் அளவீடு செய்ய முடியும்.

முனை செந்தரங்களை நேரடியாக அலைநீள செந்தரங்களைக் கொண்டும், ஒப்பளவிகள் கொண்டும் அளவீடு செய்ய முடியும்.

1.7 அளக்கும் முறைகள்

அளவிடும் உறுப்புக்களின் துல்லியத்தையும், சரிநுட்பத்தையும், அளவையும் பொறுத்து அளவிடும் முறைகள் வேறுபடும்.

(1) நேரடி முறை **(Direct method)**

ஒரு அளவுகோல் மூலம் நீளத்தை அளத்தல், ஒரு சரிவு

கோண அளவிமூலம் கோணத்தை அளத்தல் போன்றவை நேரடி அளத்தல் முறை எனப்படும்.

(2) மறைமுக முறை **(Indirect method)**

ஒரு வட்டத்தின் நாண் உயரத்தையும், நாண் நீளத்தையும் அளந்து அதன் மூலம் விட்டத்தைக் கணிப்பது, துல்லிய உருளைகள் கொண்டு கோணத்தைக் கணிப்பது போன்றவை மறைமுக முறை எனப்படும்.

(3) தனி அல்லது முழுமை முறை **(Absolute method)**

ஒரு பொருளின் நீளத்தை முழுமையாக ஒரே நேரத்தில் அளத்தல் முழுமை முறை எனப்படும்.

(4) ஒப்பளவு முறை **(Comparative method)**

ஒரு பொருளின் நீளத்தை நேரடியாக அளக்காமல், அளவு தெரிந்த வேறொரு பொருளுடன் ஒப்பிட்டு, அதிலிருந்து எவ்வளவு மாறுபட்டிருக்கிறது என்பதை கண்டறிந்து, நீளத்தை தீர்மானிப்பது ஒப்பளவு முறை எனப்படும்.

(5) இடமாற்று முறை **(Transposition method)**

ஒரு பொருளின் எடையை, எடை கற்கள் கொண்டு முதலில் அளந்துவிட்டு, பின்னர், பொருள் இருந்த இடத்தில் எடையையும், எடை இருந்த இடத்தில் பொருளையும் வைத்து மீண்டும் அளத்தல் இடமாற்று முறை எனப்படும்.

(6) ஒன்றிப்பு முறை **(Coincidence method)**

ஒரு பொருளின் நீளத்தை அளக்க அதன்மேல் ஒரு அளவுகோல் வைத்து அளத்தல் ஒன்றிப்பு முறை எனப்படும்.

(7) விலக்க முறை **(Deflection method)**

ஒரு பொருளின் எடையை ஒரு வில்தராசு மூலம் அளத்தல் ஒரு முகப்புமானியின் முள் விலக்கத்தைக் கொண்டு, பொருளின் நீளத்தை அளத்தல் போன்றவை விலக்க முறை எனப்படும்.

(8) நிரப்பு முறை **(Complementary method)**

ஒரு பொருளின் கொள்ளளவை, அதை நீரில் முக்கி, அது வெளியேற்றும் நீரின் அளவைக் கொண்டு அளத்தல் போன்றவை நிரப்பு முறை எனப்படும்.

(9) ஈடுகட்டு முறை **(Substitution method)**

வெப்பநிலையால், ஒரு பொருள் மாற்றங்கள் அளந்தால், அது எந்த வெப்பநிலையில், அதே மாற்றம் ஏற்படுகிறது என்பதைக் கொண்டு அளத்தல் ஈடுகட்டு முறை எனப்படும்.

(10) சுழி முறை **(Null measurement method)**

ஒரு பொருளின் மின்தடையை (Electrical resistance) வீட்டோன் மின்சுற்று மூலம், மின்னோட்டம் சுழியாக இருக்குமாறு செய்து அளத்தல், ஒரு தராசின் முள் 0-எனக் காட்டுமாறு எடைக்கற்களை போட்டு சமன்

செய்து அளத்தல் போன்றவை சுழிமுறை எனப்படும்.

(11) தொடு முறை **(Contact method)**

ஒரு பொருளின் நீளத்தை ஒரு வெர்னியர் அளவுகோல் மூலம் தொட்டு அளப்பது போன்றவை தொடு முறை எனப்படும்.

(12) தொடா முறை **(Contactless or non contact method)**

ஒரு ஒளிக்கீற்றின் மூலம் அல்லது அழுத்தக் காற்றுமூலம் பொருளின் அளவுகளை அளத்தல், தொடா முறை எனப்படும்.

குறு வினாக்கள் **:**

1. அளவையியல் என்றால் என்ன?
2. அளவுகளின் வகைகள் யாவை?
3. நேர் அளவுகள் யாவை?
4. கோண அளவுகள் யாவை?
5. வடிவ அளவுகள் யாவை?
6. அளவிடும் அமைப்பின் உறுப்புகள் யாவை?
7. செந்தரங்களின் தேவை என்ன?
8. செந்தரங்களின் வகைகள் என்ன?
9. முதன்மை செந்தரங்கள் யாவை?
10. பயன்பாடு செந்தரங்கள் யாவை?
11. அளக்கும் முறைகள் என்ன?

நெடு வினாக்கள் **:**

1. உற்பத்தி அமைப்பில், இன்றைய அளவையியலின் தேவையை விவரிக்கவும்.
2. அளக்கும் வகைகளையும், அவற்றிற்குத் தேவைப்படும் அளக்கும் கருவிகளையும்

எடுத்துக்காட்டி விளக்குக.

3. பல்நாட்டு செந்தரங்கள் யாவை? அவற்றின் அமைப்பு, தேவை, பயன்பாடு பற்றி விளக்குக.
4. வரி செந்தரங்களுக்கும், முனை செந்தரங்களுக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன? அவற்றின் நன்மைகளையும் குறைபாடுகளையும் எடுத்துக் கூறுக.

2

அளவிடும் அமைப்பில் துல்லியமும் சரிநுட்பமும்

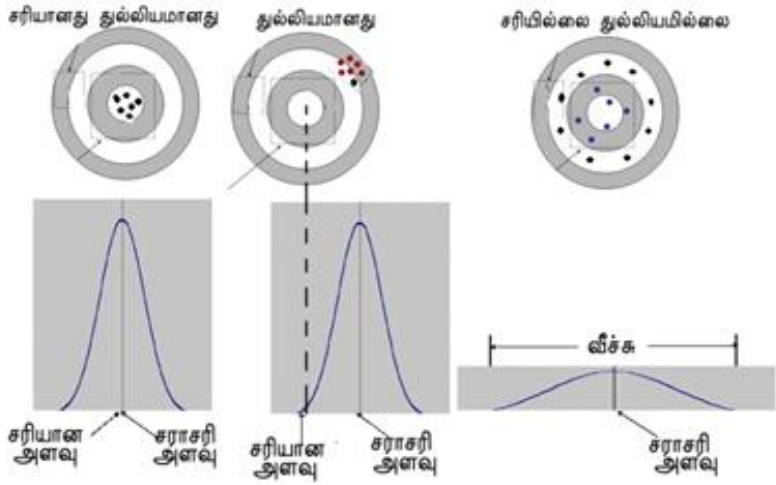
பாடம் **: 2**

அளவிடும் அமைப்பில் துல்லியமும் சரிநுட்பமும்

(PRECISION AND ACCURACY IN MEASUREMENT SYSTEM)

2.1 துல்லியம், சரிநுட்பம் என்றால் என்ன**?**

சரிநுட்பம் என்பது சராசரி அளவு, உண்மையான அளவுக்கு எவ்வளவு அண்மையில் இருக்கிறது என்பதைக் குறிக்கும். ஆனால் துல்லியம் என்பது எல்லா அளவுகளும் ஒன்றுக்கொன்று வேறுபாடு இல்லாமல் இருக்கிறதா என்பதைக் குறிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, துப்பாக்கி சுடும் போட்டியில் ஒருவர் எல்லா குண்டுகளையும், சரியாய் ஒரு வட்டத்தில் செலுத்துகிறாரா என்பதைப் பொருத்தே அவர் வெற்றி பெறுகிறார்.



படம்-2.1 துல்லியமும் சரிநுட்பமும்

ஒருவர் எப்படியெல்லாம் சுடக்கூடும் என்பதைப் படம் 2.1 காட்டுகிறது. முதற்படம் ஒருவர் எல்லாக் குண்டுகளையும் சரியாக நடுவட்டத்தில் செலுத்தியிருக்கிறார். நடுவட்டம்தான் உண்மையான அளவு என்றால், அவர் சரியாகவும், துல்லியமாகவும் குண்டுகளைச் செலுத்தியிருக்கிறார் என்று பொருள். இரண்டாம் படத்தில் எல்லாக் குண்டுகளும் ஒரே இடத்தில் செலுத்தப்பட்டு இருக்கிறது; ஆனால் நடுவட்டத்திற்கு- உண்மையான அளவுக்கு- மிகவும் தள்ளியிருக்கிறது. ஆகவே இதனைத் துல்லியமானது என்றாலும் சரிநுட்பமானது என்று கொள்ள முடியாது. மூன்றாம் படத்தில் குண்டுகள் இலக்கின் எல்லா பகுதிகளிலும் செலுத்தப்பட்டு இருக்கிறது. எனவே இது சரியானதும் அல்ல; துல்லியமானதும் அல்ல.

இரண்டாம் இலக்கு அட்டையில் உள்ளதுபோல் ஒருவர் துல்லியமாய்க் குண்டுகளைச் செலுத்த முடியுமென்றால், அவரால் சரியாக நடுவட்டத்துக்குள் செலுத்த முடியாதா? முடியும். தவறு சுடுபவரின் குறிபார்க்கும் நோக்கில் இருக்கலாம். துப்பாக்கியின்

அமைப்பில் இருக்கலாம்; காற்று வேகமும் கூட குண்டின் திசையை மாற்றிவிடலாம். ஆகவே அவற்றிற்கான அடிப்படைக் காரணத்தைக் கண்டறிந்து அதை நீக்கிவிட்டால், அவரால் சரியாக நடுவட்டத்துக்குள் எல்லா குண்டுகளையும் செலுத்த முடியும்.

உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒரு பொருளின் சரிநுட்பமும், துல்லியமும் ஒரு உற்பத்தி அமைப்பின் கூறுகளான பொறிகள், கச்சாப் பொருட்கள், பணியாளர், சூழ்நிலை, செந்தரம் என பலவற்றால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதேபோல் ஒரு பொருளை அளவிட்டு சரிபார்ப்பதின் துல்லியமும், சரிநுட்பமும், அளவிடும் அமைப்பால் பாதிக்கப்படும். சரி நுட்பத்தையும், துல்லியத்தையும் எப்படி அளப்பது? இதைத் தெரிந்து கொள்ளச் சில புள்ளியியல் அடிப்படைகளைப் புரிந்து கொள்வது பயனுள்ளதாய் அமையும்.

2.2 சில புள்ளியியல் அடிப்படைகள்

ஒரே மாதிரியான இரண்டு பொருட்களைச் செய்வது மிகவும் கடினம். அவற்றிற்கிடையே சிறு வேறுபாடு இருக்கத்தான் செய்யும். இது இயற்கை, ஏதேச்சையாய்த் தேர்வு செய்யப்பட்ட 10 பேரின் உயரத்தை அளந்து பார்த்தால் சிலர் உயரமாகவும், சிலர் குள்ளமாகவும், பலர் சராசரி உயரத்திலும் இருப்பார்கள். இதைப் போலவே ஒரு வகுப்பில் உள்ள மாணவர்களில் சிலர் மிக அதிகமான மதிப்பெண்களையும், சிலர் மிகக் குறைந்த மதிப்பெண்களையும், பலர் சராசரி மதிப்பெண்களையும் பெற்றிருப்பார்கள். ஒரு தொழிற்சாலையில் 50 மி.மீ. விட்டமுள்ள தண்டுகளைக் கடையும்போது, அளவுகளில் சில கூடவும், சில குறைவாகவும், பல சராசரி அளவிலும் இருக்கும். 49 மி.மீ. அளவில் எத்தனை பொருட்கள், 50 மி.மீ. அளவில் எத்தனை பொருட்கள், 51 மி.மீ. அளவில் எத்தனை

பொருட்கள் என்று கணக்கிட்டு அதை ஒரு வரைபடமாய் வரைந்தால் அது ஒரு மணியைப் போலக் காட்சி தரும். உலகில் இயற்கையாய் நடைபெறும் எல்லாச் செயல்களுக்கும் இது பொருந்தும். ஆகவே இதனை இயல்வரைபடம் (Normal Curve) என்று கூறுவர்.

முன்னர் கூறிய துப்பாக்கிச் சுடும் போட்டியின் முடிவுகளை இப்படி இயல் வரைபடங்களாய் வரைந்தால் எப்படியிருக்கும் என்பது படம்-2.1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

முதல் படத்தில் சராசரி அளவும், சரியான அளவும் ஒன்றாகவே இருக்கிறது. ஆனால் இரண்டாம் படத்தில் சராசரி அளவு, சரியான அளவிலிருந்து சற்று விலகியிருக்கிறது. இந்த இரண்டு படங்களிலும் குண்டுகள் ஏறக்குறைய ஒரே இடத்தில் செலுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. மூன்றாம் படத்தில் சராசரி, உண்மை அளவுக்கு வெகு அருகில் இருக்கிறது. அப்படியென்றால், முதல் படமும் மூன்றாம் படமும் ஒரே மாதிரியான முடிவைத்தான் காட்டுகின்றனவா? இல்லை என்பது பார்த்தாலே புலப்படுகிறது. முதல் படத்தில் எல்லா புள்ளிகளும் நெருக்கமாய் அமைந்து துல்லியத்தை எடுத்துக் காட்டுகிறது. ஆனால் மூன்றாம் படத்தில் புள்ளிகள் எல்லாம் 'கண்டபடி' சிதறி இருக்கின்றன. அதனால் இயல்வரைபடத்தின் வீச்சு அகலம் (மணியின் வாய் அகலம்) முதல் படத்தைவிட மிகவும் அதிகமாய் இருக்கிறது.

ஆகவே துல்லியத்தை அளக்க வீச்சு அகலமும், அதன் மறுவடிவான செந்தரவிலக்கமும் (Standard Deviation) பயன்படுகின்றன. இந்த விலக்கம் குறையக் குறையத் துல்லியம் உயருகிறது என்று பொருள். ஏனென்றால் ஒரு இயல் வரை படத்தில் உள்ள 99,97% அளவுகளும் $\pm 3\sigma$ வீச்சு எல்லைக்குள் விழுந்திருக்கும்.

எனவே ஒரு செயலை ஆராயும்போது அதன் சராசரி மட்டும் போதாது. செந்தர விலக்கமும் தேவைப்படும். ஒரு ஆற்றில் சராசரியாய் 2 அடி தண்ணீர்தான் ஓடிக்கொண்டிருக்கிறது என்று நீச்சல் தெரியாத ஒருவர் கடக்க முயலக்கூடாது. ஆற்றின் நடுவில் 20 அடி ஆழப் பள்ளம் இருக்கக் கூடும். விலக்கமும் தெரிந்தால்தான் பாதுகாப்பாய் இருக்கும். இதே போல் பனிக்கட்டியின் மேல் நின்று கொண்டு நெருப்பைத் தலையில் சுமந்து கொண்டிருக்கிற ஒருவர் சராசரி வெப்ப நிலையில் சுகமாய் இருக்கிறார் என்று கூறமுடியாதல்லவா?

ஒரு தொழிற்சாலையில் உற்பத்தியாகும் பொருட்கள் சரியாகவும், துல்லியமாகவும் செய்யப்படுகின்றனவா என்பதை எப்படி தெரிந்து கொள்வது? இதற்கு கண்காணிப்பு வரைபடங்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

2.3 கண்காணிப்பு வரைபடங்கள்

படம்-2.2 கண்காணிப்பு வரைபடம்

மருத்துவமனையில் நோயாளிகள் கட்டிலில் ஒரு அட்டை தொங்கிக் கொண்டிருப்பதைப் பார்த்திருப்பீர்கள். மருத்துவர் மணிக்கொரு முறை அல்லது குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் நோயாளியின் வெப்பநிலை, இரத்த அழுத்தம் போன்றவற்றை அளந்து அதில் குறித்துக் கொண்டிருப்பார். ஏன் அப்படிச் செய்கிறார் தெரியுமா?

நோயாளியின் வெப்ப நிலை சீராக இருக்கிறதா, குறைகிறதா, ஏறுகிறதா, எவ்வளவு குறைகிறது, எந்த வேகத்தில் குறைகிறது என்பதைத் தெளிவாய்த் தெரிந்து கொள்ள இவ்வரைபடம் பயன்படுகிறது. படிப்படியாய்க் குறைந்து கொண்டு இயல்பான வெப்பநிலைக்குத் திரும்புகிறது என்றால் நோயாளி குணமடைகிறார் என்று பொருள். படிப்படியாய் உயர்ந்து கொண்டே போனால் நோயாளி அபாயக் கட்டத்தை நெருங்கிக் கொண்டிருக்கிறார் என்று பொருள். உடனே மருத்துவர்கள் மாற்று மருத்துவம் செய்தாக வேண்டும். இல்லையென்றால் நோயாளி இறக்க நேரிடும்.

இதைப்போலவே உற்பத்தியாகும் பொருட்கள் நல்ல நிலையில், தரமானதாய் இருக்கின்றதா, சராசரி அளவும், துல்லியமும் சரியாய் இருக்கின்றனவா என்பதைக் கண்காணிப்பதற்குப் பயன்படும் வரைபடங்களே கண்காணிப்பு வரைபடங்கள் (Control Chart) எனப்படும்.

பொறிகளையும், மூலப் பொருட்களையும் பயன்படுத்திப் பணியாளர்கள் பொருட்களை உற்பத்தி செய்கிறார்கள். இதில் எங்காவது குறை ஏற்பட்டால் பொருளின் அளவுகளிலும் மாற்றம் ஏற்பட்டு விடும். எடுத்துக்காட்டாய், ஒரு கடைசல் பொறியில் ஒரு உருளையைக் கடைவதாய்க் கொள்வோம். கடைவதற்குப் பயன்படும் உளியின் கூர் மழுங்க மழுங்க, உருளையின் விட்டமும் மிகுதியாகிக் கொண்டேயிருக்கும். இயல்படம் ஒரேமாதிரி இருந்தாலும் சராசரி அளவு மேல்நோக்கி உயர்ந்து கொண்டே போவதைக் காணலாம். (படம்-2..2) இதனை $\overline{X}$ வரைபடம் என்று கூறுவர்.

அமைப்பு நிலையில் (Setup) மாற்றம் எதுவும் இல்லாமல், பொறியின் கட்டுமானத்திலும், இயக்கத்திலும் மாற்றம் ஏற்பட்டால் பொறியின் துல்லியம் கெட்டு, செய்யும் பொருட்களின் வீச்சு எல்லை அதிகரித்து விடும். இவ்வேறுபாட்டை வைத்துப் பொறி சரியாய் இயங்கிக் கொண்டிருக்கிறதா என்பதை எளிதில் கண்டறியலாம். இதனை R- வரைபடும் என்று கூறுவர்.

இங்கு சராசரி என்பது சரிநுட்பத்தையும், வீச்சு எல்லை என்பது துல்லியத்தையும் அளக்கப் பயன்படும் காரணிகளாகும்.

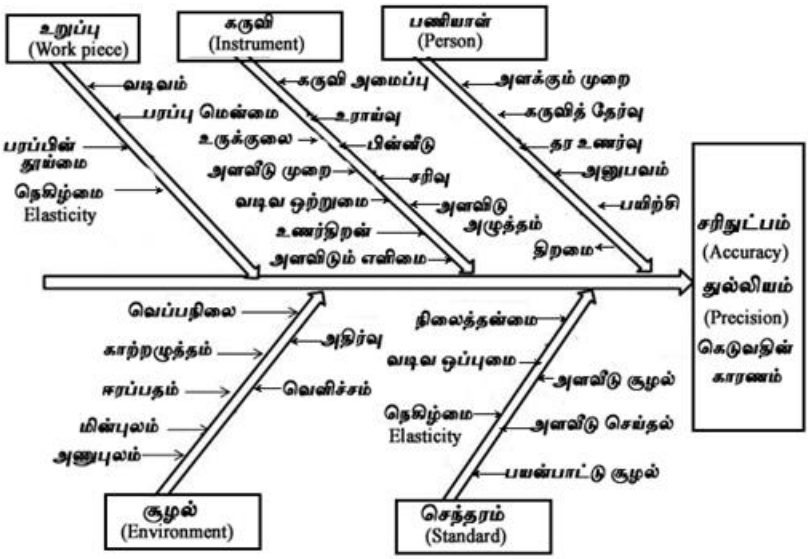
ஒரு பொருளை அளந்து அதன்மூலம்

செயல்முறையைக் கண்காணிப்பதற்கு ($\overline{X}$),மற்றும் (R) வரைபடங்கள் பயன்படுகின்றன. ஆனால் தொழிற்சாலைகளில் எப்பொழுதும் பொருட்களை அளந்து பார்த்துக் கொண்டிருப்பதில்லை. GO-NO-GO என்ற வரம்புக் கடிகைகளைக் (Limit gauges) கொண்டு ஒப்பிட்டுச் சரியாய் இருக்கிறதா இல்லையா என்று மட்டும் ஒப்பிடுவார்கள். அப்பொழு P- வரைபடும் C- வரைபடமும் பயன்படும்.

P-வரைபடம் என்பது எத்தனை விழுக்காடு (%) குறையுள்ள பொருட்கள் உள்ளன என்பதைக் கணக்கிட்டுக் குறைகள் மிகாமல் கண்காணிப்பதற்குப் பயன்படும். ஆனால் ஒரே பொருளில் பல குறைகள் இருக்கக் கூடும். ஒரு மிதிவண்டியில், அல்லது ஒரு தொலைக்காட்சிப் பெட்டியில் பல குறைகள் நேர வாய்ப்புண்டு. ஒரு பொருளில் எத்தனை குறைகள் உள்ளன என்பதைக் கண்காணிக்க C- வரைபடம் பயன்படுகிறது.

2.4 துல்லியம், சரிநுட்பம் கெடுவதற்கான காரணங்கள்

ஒரு அளவிடும் அமைப்பு என்பது செந்தரம், அளவிட வேண்டிய உறுப்பு, அளவிடும் கருவி, அளவிடும் பணியாள், அளவிடும் சூழல் என்பவற்றைக் கொண்டது. இந்த அமைப்புக் கூறுகள் எப்படியெல்லாம் சரிநுட்பத்தையும், துல்லியத்தையும் கெடுக்கக் கூடும் என்பதைப் படம் காட்டுகிறது.



படம்-2.3 சரிநுட்பமம், துல்லியம் கெடுவதற்கான காரணங்கள்

2.4.1 செந்தரம் **(Standard)**

செந்தரங்கள் கருவிகளை அளவீடு செய்வதற்கு பயன்படுகின்றன. அளவீடு செய்யும்போது வெப்பநிலை வரையறுக்கப்பட்ட நிலைக்கு சற்றுக் கூடுதலாகவோ, குறைவாகவோ இருந்தால், செந்தரங்களின் அளவும் சற்று மாறுபடும். எடுத்துக்காட்டாக, 10 மி.மீ. அளவுள்ள நழுவு கடிகையைக் கொண்டு ஒரு நுண்ணளவியை (Micrometer), அளவீடு (Calibration) செய்வதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது வெப்பநிலையில் வேறுபாடு இருந்தால் அதற்கேற்ப செந்தரத்தின் அளவும் வேறுபடும். ஆகவே, தவறான செந்தரத்தால் நுண்ணளவியின் அளவுகளும் தவறாகவே இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக,

கட்டுப்படுத்தப்பட்ட 20^0C குளிர்பதனச் சூழலுள்ள ஆய்வுக்கூடத்தில் அளவீட்டைச் செய்து விட்டு, உறுப்புக்களை 300C வெப்பநிலையிலுள்ள தொழிற்கூடத்தில் அளக்கும்போது இத்தகைய பிழைகள் நேரும்.

இதேபோல் காற்றின் அழுத்தம் (Pressure), காற்றுப்பதனம் (Humidity) என்பவையும் அளவீட்டைக் கெடுக்கும்.

நுண்ணளவியைக் கொண்டு ஒரு பொருளை அளந்தால் அது 10 மி.மீ. எனக் காட்டினால், பொருளின் உண்மையான அளவு அதைவிட கூடுதலாகவோ, குறைவாகவோ இருக்கும்.

தட்டையான பரப்புள்ள செந்தரத்தைக் கொண்டு அளவீடு செய்துவிட்டு, உருண்டையான பொருளை அளக்கும்போது, தொடுநிலையில் வேறுபாடு இருப்பதால் பிழைகள் ஏற்பட வாய்ப்பு உள்ளது.

செந்தரங்களும் நாள்பட நாள்பட தளரும் நிலை ஏற்படுவதால், அதன் அளவுகள் நிலையாக இல்லாமல் மாறிக் கொண்டிருக்கும். அத்தகைய செந்தரங்களும் பிழை ஏற்பட காரணமாகிறது.

செந்தரங்களின் உலோகத்தைப் பொறுத்து அதன் நெகிழ்தன்மை (Elasticity) மாறுபடும். அதனால் அவற்றைப் பயன்படுத்தும்போது எளிதில் வளையும், நீளும், அளவு மாறும். ஆகவே செந்தரங்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் நிலையும் கூட முக்கியமாகும்.

செந்தரங்கள் அடிப்படை அளவுகள் என்பதால் இதில் ஏற்படும் சிறு பிழையும் அளவீடு செய்வதில் தொடங்கி, அளக்கும் வரை தொடர்ந்து கொண்டேயிருக்கும். ஆகவே செந்தரங்களின் அளவைக் கட்டுப்பாட்டுக்குள் வைத்துக் கொள்ள வேண்டியது இன்றியமையாத ஒன்றாகும்.

2.4.2 அளக்கப்படும் உறுப்பு (Work piece)

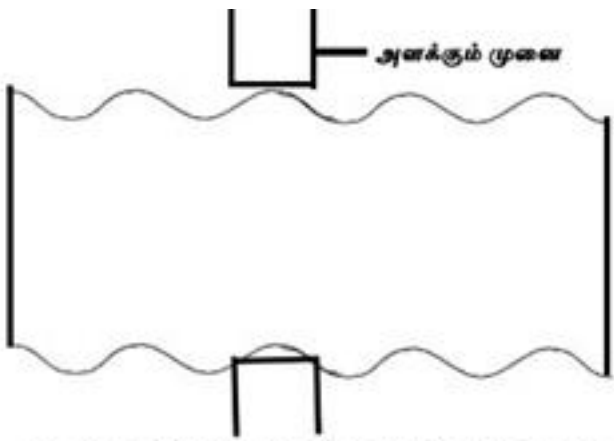
சூழலும், நெகிழ்தன்மையும் செந்தரத்தைப் பாதிப்பதைப் போலவே அளக்கப்படும் உறுப்பையும் பாதிக்கும். வடிவ அமைப்பு, கருவி, உறுப்பைத் தொடும்நிலை ஆகியவை பிழை ஏற்படக் காரணமாக அமையும். ஒரு பரப்பு தொடுநிலைக்கும், ஒரு புள்ளித் தொடுநிலைக்கும் வேறுபாடு உண்டு. இந்த வேறுபாட்டால் பிழை ஏற்படலாம்.

ஒரு பரப்பின்மேல் படியும் தூசியின் கனம் கூட ஏறக்குறைய 5 மைக்ரான் அளவுக்கு இருக்கும். அழுக்கு, எண்ணெய்ப் படலம், கந்தனம் (Greese) ஆகியவை படிந்திருந்தால் அவற்றின் கனம் கூடும். ஒரு பொருள் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட உடனே அதன்மேல் ஒரு ஆக்ஸைடு படலம் ஏற்பட்டு விடும். ஆகவே இவையெல்லாம் அளவில் பிழை ஏற்படக் காரணமாகின்றன. அளவிடும் உறுப்பு தூய்மையாக இருக்க வேண்டும் என்பது மிகவும் தேவையான ஒன்றாகும்.

ஒரு பரப்பு மேடு பள்ளங்கள் நிறைந்ததாகவோ, கரடுமுரடாக இருந்தாலோ அளக்கும் கருவிகளின் உணர் பரப்புகள் சரியாக பொருளின் மேல் படியாது. அதனால் அளவில் பிழை ஏற்படும். (படம்-2.4)

ஒரு பொருள் மெத்தென்று இருந்தால், கருவியின் உணர் முனைகள் அதன்மேல் படும்போது அதை அழுத்தி குறைந்த அளவையே காட்டும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு ரப்பர் உறுப்பை ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளந்தால் என்ன ஆகும் என்பதை படம் விளக்குகிறது. (படம்-2.5)

ஆகவே, இத்தகைய தவறுகள் ஏற்படாமல் இருக்க சரியான அளக்கும் முறையையும் சரியான கருவிகளையும் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.



படம்-2.4 மேடுபள்ளங்கள் நிறைந்த பரப்பு

படம்-2.5 அளக்கும் முனையால்
அழுத்தப்படும் பொருள்

2.4.3 அளக்கும் கருவி

அளக்கும் கருவியில் அளவை உணரும் முனையும், அளவை பெருக்கும் அமைப்பும், பெருக்கிய அளவை காட்டும் அமைப்பும் இருக்கும்.

பொதுவாக உணர் முனை பொருளைத் தொடும்போது அதைச் சற்று அழுத்தும் அந்த அழுத்தம் ஒரே அளவாக மாறாமல் இருக்க வேண்டும். இந்த அழுத்தம் மாறினாலும் அளவில் பிழை ஏற்படும்.

ஒரு அளவிடும் கருவியில் உள்ள அளவைப் பெருக்கும் அமைப்பு எந்திரவியல், மின்னியல், ஒளியியல் போன்ற அடிப்படைகளைச் சார்ந்திருக்கும். எந்திரவியல் அமைப்பில் உராய்வு (Friction) உறுப்புகள் எளிதாக நகர்வதைத் தடுக்கும். பின்னீடு (Backlash) இருந்தால் முன்னே நகரும்போது ஒரு அளவையும், பின்னால் திரும்பும்போது ஒரு அளவையும் காட்டும். எந்திரவியலில் உறைமையினால் (Inertia) உணர்தன்மை (Sensitivity) குறையும். ஒரு கருவியில் உள்ள உறுப்புக்கள் எல்லாம் ஒத்திசைந்து இயங்கினால்தான் சரியான அளவைக் காட்டும். அளக்கும் அழுத்தத்தால் அவற்றில் எந்த வடிவ மாற்றமும் ஏற்படக்கூடாது; வளையக் கூடாது. இப்படி எந்த மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் அது அளவின் ஒரு பகுதியையோ, முழுமையாகவோ உணரமுடியாமல் பிழை ஏற்படக் காரணமாக அமையும்.

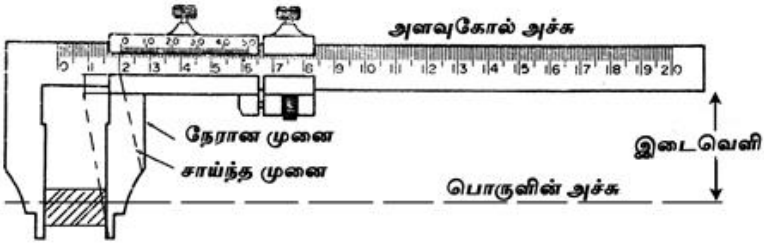
மின்னியல் அடிப்படையிலமைந்த கருவிகளில் அளவு சரிவு (Drift) என்பது பிழை ஏற்படக் காரணமாகும். அளவுகளில் மாற்றம் ஏற்படாவிட்டாலும், கருவியின் அளவு மாறிக் கொண்டேயிருக்கும் என்பதையே அளவு சரிவு என்கிறோம்.

ஒரு கருவியின் உணர்தன்மை (Sensitivity) என்பது அளவிடுவதில் பெரும்பங்கு வகுக்கிறது. உணர்தன்மை

என்பது அளவில் உள்ள சிறு வேறுபாட்டையும் வெளிப்படுத்தும் திறனாகும். எடுத்துக்காட்டாக உயரும் வெப்பநிலையை உடனுக்குடன் அளந்து காட்ட வேண்டும். வெப்பநிலை உயரும் வேகத்துக்கு ஈடு கொடுக்க வேண்டும். வெப்பநிலை 50^0 C நிலையை அடைந்தால், கருவியும் 50^0 c அளவைக் காட்டவேண்டும். இல்லையென்றால் கருவி மெதுவாக உணர்ந்து 45^0c அளவையே காட்டும்.

ஒரு கருவியின் அளவெடுக்கும் எளிமையும் பிழை ஏற்பட காரணமாகும். நமக்குத் தேவையான அளவையே கருவி காட்ட வேண்டும். வேறு எந்த துணைச் சாதனங்களும் தேவைப்படக் கூடாது அல்லது அளவை வேறு ஒரு காரணியாக எடுத்து அதிலிருந்து கணக்கிட்டு நமக்குத் தேவையான அளவை பெறும்படியாக இருக்கக் கூடாது. மேலும் அளவு எடுக்கும்போது இடமாறுத் தோற்றப்பிழை (Parallax error) ஏற்படவும் வாய்ப்பு உண்டு.

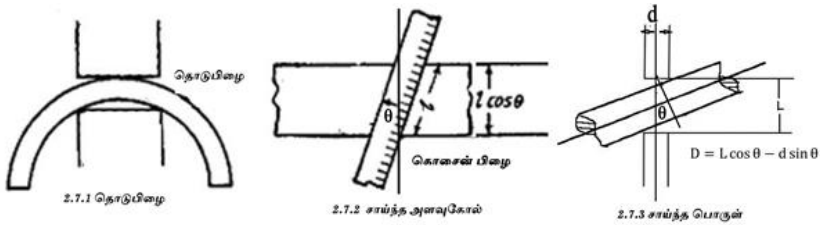
ஒரு அளவிடும் கருவியின் அளவுகோல் அச்சுக்கும் அளவிடும் அச்சுக்கும் இடைவெளி இருந்தால் அதனாலும் பிழை ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வெர்னியர் அளவுகோலில் அளக்கும்போது, அளவுகோல் அச்சுக்கும், பொருளின் அச்சுக்கும் இடைவெளி இருப்பதால், நகரும் முனைக்கு சற்று அழுத்தம் கொடுத்தால், நேராக இல்லாமல் சற்று சாய்வாக இருந்து, குறைந்த அளவையே காட்டும்.



படம்-2.6 அப்பீ அச்சு விலக்கப் பிழை

இதனை அப்பீ அச்சு இடைவெளி பிழை (Abbe's offset error) என்று கூறுவர். இந்தப் பிழை ஏற்படாமல் இருக்க அளவுகோல் அச்சும், அளவிடும் அச்சும் ஒன்றாக இருக்க வேண்டும் என்பது அப்பீ கோட்பாடாகும் (Abbe's principle).

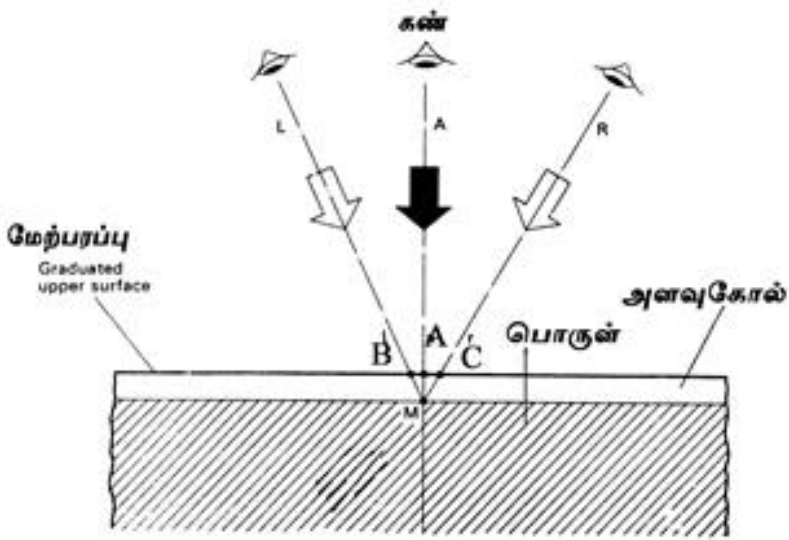
2.4.4 அளக்கும் பணியாள்



படம்-2.7 அளக்கும் பிழைகள்

அளவிடும் பணியாளர் அளக்கும் அமைப்பில் ஒரு முக்கியமான அங்கமாகும். சரியான கருவியைத் தேர்ந்தெடுப்பது, அதைச் சரியாகப் பயன்படுத்தி சரியாக அளவை எடுப்பது என்பதில் தவறு ஏற்பட்டால் கருவி சரியாக இருந்தாலும், மற்றவை எல்லாம் சரியாக இருந்தாலும் பிழைபட ஏதுவாகும். ஆகவே பணியாளர்களுக்குச் சரியான பயிற்சி மிகமிக அவசியமாகும். செய்யும் பணியில் ஈடுபாடும், சரியாகவும், துல்லியமாகவும் அளக்க வேண்டும் என்ற உணர்வும், திறமையும் அவருக்கு இருக்க வேண்டும். இவை குறைந்தால் அளவுகளில் பிழை ஏற்படலாம்.

2.4.5 அளக்கும் சூழல் **(Environment)**



படம்-2.8 இடமாறு தோற்றப்பிழை

சுற்றுப்புறச் சூழலும் பிழை ஏற்படக் காரணமாகும். செந்தரங்களும், அளவிட வேண்டிய உறுப்பும், கருவியும் ஏன் பணியாளரும் கூட இந்தச் சூழலால் பாதிக்கப்படுகிறார்கள். வெப்ப நிலையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், காற்று அழுத்தம், காற்றுப் பதனம் என்பவையும், மின்புலம், அணுபுலம், சுற்றுப்புறத்திலிருந்து வரும் அதிர்வு அலைகள், சரியான வெளிச்சம் இன்மை என்பவை எல்லாம் அளவில் பிழை ஏற்படக் காரணங்களாகும்.

எ.கா. இரும்பின் வெப்ப நேர்முக விரிவுக் காரணி = $11.1.\mu m/m^0c$

அதாவது 1 மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு இரும்பு அளவுகோல் 1^0 c வெப்பநிலை மாற்றத்தால் 11.1µm நீளம் அதிகமாகும்.

10 வெப்பநிலை மாற்றத்தால் 100 மி.மீ. நீள நழுவுக் கடிகை 1,11µm நீளம் கூடும்.

வெப்பநிலை மாற்றம் அதிகமானால் பிழையும் அதிகமாகும். பணியாளர் ஒரு உறுப்பைக் கையில்

பிடித்துக் கொண்டிருந்தால், அவர் உடல் வெப்பநிலையின் (36^0c) காரணமாக உறுப்பு 5^0c வரை வெப்பநிலை உயரும். ஆகவே, பிழையின் அளவும் மிகும். இத்தகைய பிழையைத் தடுக்கும் பொருட்டு பணியாளர் கையுறை அணிந்து அளக்க வேண்டுவது அவசியமாகிறது.

2.5 பிழையின் வகைகள்

அளக்கும் அமைப்பிலுள்ள பல்வேறு அங்கங்களும் பல பிழைகள் ஏற்படக் காரணமாக இருக்கின்றன என்பதைக் கண்டோம். இந்தப் பிழைகளை,

(1) நிலை பிழைகள் (Static error)

(2) இயங்கு நிலை பிழைகள் (Dynamic error) என்று பிரிக்கலாம்.

ஒரு கருவி இயங்காமல் நிலையாக இருக்கும்போது ஏற்படும் பிழைகள் நிலை பிழைகள் எனப்படும். அவை,

(1) அளவு எடுக்கும் பிழைகள் (Reading error)

(2) இயல்பு பிழைகள் (Characteristic error)

(3) சூழல் பிழைகள் (Environment error)

(4) அழுத்தப் பிழைகள் (Loading error)

அளவு எடுக்கும்போது அளவுகோலுக்கும், அளவுகாட்டும் முனைக்கும் (Pointer) இடைவெளி

இருந்தால் அளவு எடுப்பவர் நேராக நின்று பார்க்க வேண்டும். ஒரு பக்கமாக பார்த்தால் பார்க்கும் கோணத்திற்கு ஏற்ப அளவு காட்டும் முனை தவறான அளவையே காட்டும். இதனை இடமாறு தோற்றப் பிழை (Parallax error) என்று கூறுவர்.

நேராகப் பார்த்தால் முனை A என்ற அளவோடு பொருந்தி காட்டுவதாகத் தோன்றும். ஆனால் ஒரு பக்கமாக நின்று பார்த்தால் B அல்லது C அளவுகளோடு முனை பொருந்தியிருப்பதைப் போலத் தோன்றும். இந்த பிழையைத் தவிர்க்க அளவுகளோடு முனை சேர்ந்திருக்குமாறு வடிவமைக்க வேண்டும். இது முனையின் இயக்கத்தைப் பெரிதும் தடுக்கும். ஆகவே இரண்டுக்கும் உள்ள இடைவெளியைக் குறைத்து வைக்கலாம். மேலும் ஒரு கண்ணாடியை அளவுக்கோளுக்கு சற்று கீழே பதித்துவிட்டால் இந்தப் பிழையைத் தடுத்துவிடலாம்.

அளவு காட்டும் முனை அளவுகோளில் உள்ள இரண்டு கோடுகளுக்கு இடையில் இருந்தால் சரியாக அளவு எடுப்பது சிரமம். தோராயமாகத்தான் கணிக்க இயலும். இதனால் ஏற்படும் பிழையை இடைகணிப்பு பிழை (Interpolation error) என்று கூறுவர்.

ஒரு கருவியின் இயக்கம் கொடுக்கப்படும் உள்ளீட்டுக்கு ஏற்ப நேர்க்கோட்டுத் தன்மையுடையதாக (Linearity) இருக்க வேண்டும். ஆனால் சில கருவிகளில் இந்த இயக்கம் நேரிலா கோட்டுத் தன்மையுடையதாக இருக்கும் (Non linearity). இதனால் ஏற்படும் பிழையை இயல்பு பிழை (Characteristic error) என்று கூறுவர். இயல்பு பிழை, திரும்பத் திரும்ப ஒரே அளவைக்காட்டும் திறன் (Repeatability), தயக்கக் கண்ணி (Hysteresis), பகுஅளவு (Resolution), பெருக்கப்பிழை (Gain error) ஆகியவற்றாலும் ஏற்படும்.

சுற்றுப்புறச் சூழலால் ஏற்படும் பிழைகளும் நிலை பிழைகளில் அடங்கும் சூழலைக் கட்டுப்படுத்தினால் இந்த பிழைகளையும் கட்டுப்படுத்த முடியும்.

கருவியின் அளக்கும் முனையின் அழுத்தத்தால் ஏற்படும் பிழைகள் சுமை அழுத்தப் பிழை (Loading error) எனப்படும். (படம்-2.5)

ஒரு கருவி இயங்கும்போது அந்த இயக்கத்தின் விளைவால் சில மாற்றங்களும், மாற்றங்களால் பிழைகளும் ஏற்படும். நேரம் சார்ந்த இப்பிழையை இயங்கு பிழை (Dynamic error) என்று கூறுவர்.

பிழைகளின் தன்மையைச் சார்ந்து அவை கட்டுப்படுத்தக் கூடிய பிழைகள் (Controllable error) அல்லது ஒழுங்கு முறையான பிழைகள் (Systematic errors) என்றும், தன்னிச்சையான பிழைகள் (Random error) என்றும் பிரிக்கப்படும்.

சில பிழைகள் எல்லாம் சரியாக அளவிடக் கூடியதாக இருப்பதால் அவற்றைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். அளவீடு பிழைகள், சூழல் பிழைகள், முனை அழுத்தப் பிழைகள், பணியாளர் செய்யும் பிழைகள் என்பவை இதில் அடங்கும்.

ஆனால் தன்னிச்சை பிழைகள் எப்பொழுது ஏற்படும், எதனால் ஏற்படும் எவ்வளவு ஏற்படும் என்பதைக் கணிக்க இயலாது. ஆனால் அளவிடும் கருவியில் உள்ள மூட்டு இணைப்புகளில் ஏற்படும் இயக்க மாற்றம், பரப்பு உராய்வினால் ஏற்படும் மாற்றம், பணியாளரின் எண்ண மாற்றங்கள் ஆகியவை தன்னிச்சை பிழைகளுக்குக் காரணமாக அமையலாம்.

தன்னிச்சை பிழைகளை அளக்க முடியாது. ஆனால் புள்ளியியல் அடிப்படையைக் கொண்டு கணிக்க இயலும். தன்னிச்சைப் பிழைகள் இயல்புக்கு அதிகமாகவோ (அ) குறைவாகவோ இருக்கலாம். ஆகவே இந்த பிழைகளின் தன்மையை இயல் வரைபடத்தின் (Normal curve) துணையால் காணலாம்.

ஒரு பிழை ஏற்படக்கூடிய வாய்ப்பை இயல் வரைபடத்திலிருந்து கண்டுகொள்ளலாம். சராசரியும் (Average) செந்தர விளக்கமும் (Standard deviation) பிழைகள் எப்படி பரவி இருக்கின்றன என்பதையும் அதன் அளவையும் கண்டுகொள்ளப் பயன்படும்.

2.6 தன்னிச்சைப் பிழைகளைக் கணக்கிடல்

தன்னிச்சை பிழைகள் மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். அதனால் மாறும் பிழைகளை ஒரு சராசரி கோட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு கண்டு பிடிக்கலாம். இந்த சராசரி கோடு என்பதுதான் அதிக வாய்ப்புள்ள பிழையைக் குறிக்கும். இதனைக் கண்டுபிடிக்க குறைந்த இருபடி மூல (Least square) தத்துவம் பயன்படுகிறது. இந்த தத்துவத்தின் படி, எந்த அளவைச் சார்ந்து மாறும் பிழைகளின் இருபடி மூலம் குறைவாக இருக்கிறதோ, அதுவே அதிக வாய்ப்புள்ள பிழை ஆகும்.

அதிக வாய்ப்புள்ள பிழை X என்றால், X1, X2, X3, etc., என்பவை X-ச் சார்ந்து மாறும் பிழைகளின் அளவு என்றால்,

மாறும் பிழைகளின் அளவு = (X-Xn)

குறைந்த இருபடி மூலத் தத்துவத்தின்படி எந்த X-அளவைச் சார்ந்து $\Sigma(X-Xn)^2$ என்பது குறைவான அளவாக இருக்கிறதோ, அதுவே அதிக வாய்ப்புள்ள பிழை எனப்படும்.

2.7 பிழைகளின் கூட்டல்

ஒரு அளக்கும் அமைப்பில் ஒரே வகை பிழைகள் மட்டும் ஏற்படாது. பலவகைப் பிழைகளும் ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக,

LE = நேர் கோட்டுப் பிழை X (Linear error)

RE = அளவு படிக்கும் பிழை (Reading error)

CE = இயல்பு பிழை (Characteristic error)

EE = சூழல் பிழை என்றால் (Environmental error)

இந்தப் பிழைகளின் கூட்டல் = $(LE1 + LE2 + \ldots\ldots)^2 + RE^2 + CE^2 + EE^2 + \ldots\ldots$

குறு வினாக்கள்

1. துல்லியம் – சரிநுட்பம் வேறுபாடு என்ன?
2. துல்லியத்தை அளப்பது எப்படி?
3. இயல்வரை படத்தின் பயன் என்ன?

4. $\overline{X}, R -$ வரைபடங்கள் எதற்கு பயன்படுகின்றன.
5. உணர்தன்மை என்றால் என்ன?
6. இடமாறு தோற்றப்பிழை என்றால் என்ன?
7. அப்பீயின் அச்சு இடைவெளி பிழை என்றால் என்ன?
8. பிழையின் வகைகள் என்ன?
9. அளக்கும் பிழைகள் யாவை?
10. தன்னிச்சை பிழையை கணிப்பது எப்படி?

நெடு வினாக்கள்

1. அளத்தலில் துல்லியம்- சரிநுட்பம் ஆகியவற்றின் தேவையை விளக்குக.
2. துல்லியம்-சரிநுட்பம் கெடுவதற்கான காரணங்களை காரணகாரிய படம் மூலம் விளக்குக.
3. பிழைகளின் வகைகள் யாவை? அவற்றைப்பற்றி உரிய படங்களுடன் விளக்கவும்.
4. அளக்கும் சூழலால் அளவிடும் அமைப்பின் உறுப்புகள் எப்படி பாதிக்கப்படுகின்றன என்பதையும், அதனால் ஏற்படும் பிழைகளையும் எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

3

ஒளிக்குறுக்கீட்டுக் கோட்பாடும் அதன் பயன்களும்

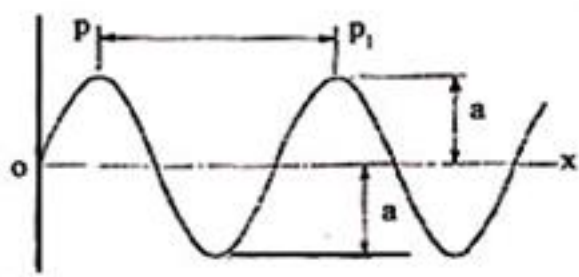
பாடம் **: 3**

ஒளிக்குறுக்கீட்டுக் கோட்பாடும் அதன் பயன்களும்

(INTERFERENCE PRINCIPLE AND ITS APPLICATIONS)

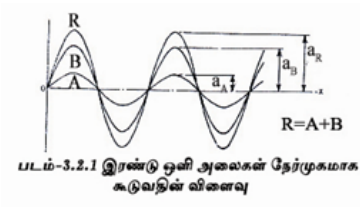
3.1 ஒளிகுறுக்கீடு என்றால் என்ன**?**

ஒளி ஒரு மின்காந்த அலைகளாகப் பரவுகிறது என்பது அனைவரும் அறிந்த ஒன்று (படம்-3.1). இதில் அலை நீளம், அலை வீச்சு, அதிர்வெண் என்பவை ஒளியின் கூறுபாடுகள் ஆகும். ஒளியின் செறிவு வெளிச்சம் (Intensity)என்பது அலை வீச்சின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது $I\alpha A^2$.

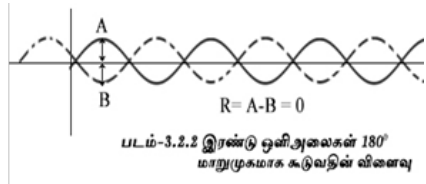


படம்-3.1 ஒளி அலை

இரண்டு ஒளியலைகள் ஒன்றொடு ஒன்று ஒரு முகமாக (Inphase) சேரும்போது, கிடைத்த ஒளியின் அலைவீச்சு (A + B)ஆகும். ஆகவே வெளிச்சம் (ஒளிச்செறிவு) மிகுதியாகிறது. இதே ஒளியலைகள் மாறுமுகமாக (out of phase) சேரும்போது அலைவீச்சு (A-B) ஆகும். (படம்-3.2.2). எடுத்துக்காட்டாக, இரண்டாவது அலை முதல் அலைக்கு 180^0 மாறுமுகமாக அதனோடு சேர்ந்தால் அலைவீச்சு = A-B.



படம்-3.2.1 இரண்டு ஒளி அலைகள் நேர்முகமாக கூடுவதின் விளைவு

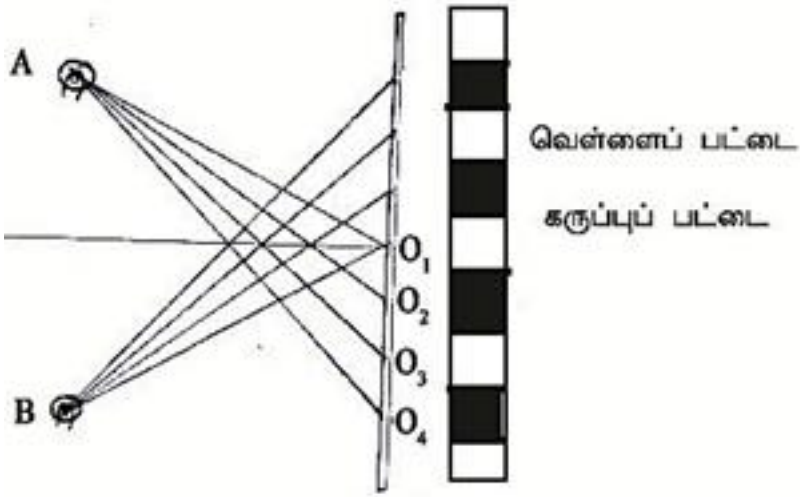


படம்-3.2.2 இரண்டு ஒளிஅலைகள் 180° மாறுமுகமாக கூடுவதின் விளைவு

இதில் Aயும் Bயும் ஒரே அளவாக இருந்தால், கிடைக்கும் வெளிச்சம் A-B = 0 அதாவது இருட்டு அல்லது கருமை (Darkness)

ஆகவே, அலைநீளமும், அலை வீச்சும் ஒன்றாக உள்ள இரண்டு ஒளியலைகள் ஒன்றோடு ஒன்று சேரும் போது, அவை ஒரு முகமாக இணைகிறதா அல்லது 180^0 மாறுமுகமாக இணைகிறதா என்பதைப் பொருத்து பொலிவு (Brightness) அல்லது கருமை ஏற்படும். இதனை ஒளி குறுக்கீடு (Interference) என்று கூறுவர். இந்த ஒளிக் குறிக்கீட்டுக் கோட்பாடு தான் தூரத்தை அளப்பதற்கான அடிப்படை.

3.2 ஒளி குறுக்கீட்டின் விளைவு



படம்-3.3 ஒளிகுறுக்கீடு

இரண்டு விளக்குகள், ஒரே அலைநீளமும், அலை வீச்சும் உடைய ஓரியல் ஒளிக்கதிர்களை உமிழ்வதாகக் கொள்வோம். அவற்றிற்கு எதிராக ஒரு கண்ணாடித் திரையை வைத்தால் அந்த இரண்டு ஒளிக் கதிர்களும் கண்ணாடியில் வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறு விதமாக சந்திக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, முதல் விளக்கிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் கண்ணாடியை 0_1 என்ற இடத்தில் தொடும் தூரமும், இரண்டாம் விளக்கிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் கண்ணாடியை 0_1 என்ற அதே இடத்தில் தொடும்

தூரமும் ஒன்றெனக் கொண்டால் இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் 0_1 என்ற இடத்தில் ஒரே தட்டமாகச் சந்திக்கும். ஆகவே, அங்கே ஒளி தோன்றும். இதற்கு மாறாக 0_2 என்ற இடத்தில் சந்தித்தால் என்ன நடக்கும்?

முதல் ஒளிக்கதிர் $A0_2$ என்ற தொலைவையும், இரண்டாம் ஒளிக்கதிர் $B0_2$ என்ற தொலைவையும் கடக்கும். எனவே அந்த இரண்டு ஒளிக்கதிர்களுக்கும் $(A0_1 – B0_2)$ என்ற தொலைவு வேறுபாடு இருக்கும். இந்த வேறுபாடு ஒற்றைப்படையான அரை $(\lambda/2)$ அலை நீளங்களைக் கொண்டதாக இருந்தால் 0_2 என்ற இடத்தில் இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் எதிர்முகமாக சந்திக்கும். எனவே அங்கு கருமைத் தோன்றும், இன்னும் சற்று கீழே, இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் பயணம் செய்யும் தொலைவு வேறுபாடு அதிகரித்து ஒரே முகமாக சந்திக்கும்போது ஒளி தோன்றும்.

அதனால், கண்ணாடித் திரையில் வெள்ளைப்பட்டையும், கருப்புப்பட்டையும் மாறிமாறித் தோன்றும். எனவே ஒவ்வொரு அரை அலை நீள மாற்றத்திற்கும் ஒரு பட்டை என மாறி மாறித் தோன்றும்.

ஒளி குறுக்கீட்டுத் தன்மையைப் பயன்படுத்தி, நீளங்களை சரிபார்த்தல், அளத்தல், பரப்பின் தட்டைத்தன்மையை சரிபார்த்தல் ஆகியவற்றைச் செய்யலாம்.

ஒளி குறுக்கீட்டுத் தன்மைக்கு, ஒரே அலைநீளமும், ஒரே அலைவெண்ணும் கொண்ட ஒளி மிகவும் அவசியம் ஆகும். இதனை இரண்டு விளக்குகள் மூலம் பெறுவது மிகவும் கடினம். எனவே, ஒரே விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளியை இரண்டாகப் பிரித்து பயன்படுத்துவதே சிறந்த முறையாகும். இப்படி, ஒளியை இரண்டாகப் பிரிக்க

ஒளித்தட்டுகள் (Optical Flats) பயன்படுகின்றன.

3.3 பரப்பின் தட்டத்தன்மையை சரிபார்த்தல்

ஒளித் தட்டுகள் குறிப்பிட்ட கனத்தில், மேல்பக்கமும், கீழ்பக்கமும் இணையாக சீராக இருப்பவை. இதில் ஒரு பக்கம் ஒளி கடத்தும் தன்மையுடனும், ஒரு பக்கம் ஒளி கடத்துவதோடு, எதிரொளிக்கும் தன்மையுடனும் இருக்கும். எனவே இதன்மேல் ஒரு ஒளிக் கீற்று விழுந்தால், அது ஒளித்தட்டை கடந்து செல்லும். அதே நேரம், ஒளித்தட்டின் கீழ் பக்கத்திலிருந்து எதிரொளிக்கவும் செய்யும். ஒளிதட்டின்கீழ், சற்று சாய்வாக ஒரு ஒளி எதிரொளிக்கும் பரப்பை வைத்தால், ஒளித் தட்டிலிருந்து கடத்தப்படும் ஒளி, எதிரொளிக்கும் பரப்பில் விழுந்து, அங்கு எதிரொளித்து, மீண்டும் ஒளிதட்டுக்கே வந்து, அதனைக் கடந்து செல்லும் (படம் 3.4)

ஒளி தட்டின் மேலிருந்து பார்த்தால், அதன் கீழ்பக்கத்திலிருந்து எதிரொளித்த ஒளிகீற்றும், பரப்பிலிருந்து எதிரொளித்த ஒளிகீற்றும் தெரியும். இவை இரண்டும் ஒரே அலைநீளமும், அலை எண்ணும் கொண்டவை.

படத்தில் காட்டியிருப்பதைப்போல, ஒளித்தட்டு பரப்பின் மேல் சற்று சாய்வாக இருப்பதாகக் கொள்வோம்.

ஒளிக்கீற்று a என்ற இடத்தில் கடக்கும், போது, அங்கு எதிரொளிக்கவும் செய்யும். கடக்கும் ஒளிக்கீற்று b என்ற இடத்தில் பரப்பின்மேல் பட்டு எதிரொளித்து, c என்ற இடத்தைக் கடந்து, கண்ணுக்குப் புலப்படும். a என்ற

இடத்திற்கும் b என்ற இடத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி

ஒளி அலை நீளத்தில் கால்பகுதி $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ என்றால்,

abc யின் நீளம் = $\frac{\lambda}{4} \times 2 = \frac{\lambda}{2}$

= அரை அலை நீளம்.

எனவே, a என்ற இடத்தில் எதிரொளிக்கும் ஒளிகீற்றும், c என்ற இடத்தில் கடத்தப்படும் ஒளிகீற்றும் அரை அலை வித்தியாசத்தில், கண்ணில் ஒன்று கூடுவதால், அங்கு கருமை தோன்றும்; ஒளி தெரியாது.

ஒளித்தட்டு, பரப்பின்மேல் சாய்வாக இருப்பதால், அவை இரண்டுக்கும் உள்ள இடைவெளி அதிகமாகிக்கொண்டே செல்லும். அதனால், d-என்ற இடத்தில் இடைவெளி ¾ λ (முக்கால் அலைநீளம்) இருப்பதாகக் கொள்வோம். அங்கு எதிரொளிக்கும் இரண்டு ஒளிக்கீற்றுகளின் வித்தியாசம் 1½ அலைநீளம். எனவே அங்கு மீண்டும் கருமையே தோன்றும்; ஒளி தெரியாது. ஆனால் இரண்டுக்கும் நடுவில் ஒரு இடத்தில் அரை அலைநிள இடைவெளி இருக்கும். அங்கு இரண்டு எதிரொளிக்கும் ஒளிக்கீற்றுகள் ஒரு அலை நீள வித்தியாசத்தில் ஒருமுகமாகக் கூடும். எனவே, அங்கு ஒளி தோன்றும்.

இப்படி, கருமையும், ஒளியும் அடுத்தடுத்து தோன்றி, கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளைப்போல கண்ணுக்குத் தெரியும்.

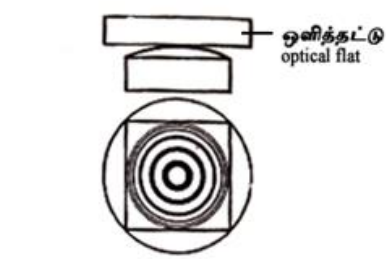
பரப்பு ஒரே சமதளமாக சீராக இருந்தால், கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளும் ஒரே சீராக, ஒரே இடைவெளியோடு காணப்படும். ஆனால் பரப்பு சீராக

இல்லாமல், மேடு பள்ளங்கள் இருந்தால், கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளும் சீராக இருக்காது.

ஒளித்தட்டுக்கும், பரப்புக்கும் இடைப்பட்ட கோணம், அதிகமானால், அதற்கிடையில் ஒளிக்கீற்று சென்று வரும் தூரம் அரை அலைநீள எண்ணிக்கை வேறுபாடு பக்கத்தில் பக்கத்தில் நிகழும். எனவே, கருப்பு வெள்ளை பட்டையின் அகலம் குறைவாகவும் எண்ணிக்கை அதிகமாகவும் இருக்கும்.

இதேபோல், கோணம் குறைந்தால், இரண்டு பட்டைகளின் அகலம் அதிகமாகவும் எண்ணிக்கை குறைவாகவும் இருக்கும்.

தட்டையான பரப்பின்மேல் நேரான கருப்பு வெள்ளை ப் பட்டைகளும், ஒரு பந்துபோன்ற பரப்பின் மேல் வைத்தால் வட்டமான கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளும் தோன்றும்.



படம்-3.6.1
பந்தின்மேல் கருப்பு வெள்ளைபட்டை
(ஒளித்தட்டு நடுவில் இருக்கும்போது)

படம்-3.6.2
பந்தின்மேல் கருப்பு வெள்ளைபட்டை
(ஒளித்தட்டை சாய்க்கும்போது)

இதே போல், ஒரு வட்டமான குழாயின் மேல் வளைந்த

கருப்பு வெள்ளை பட்டைகள் தோன்றும். (படம்-3.7)

ஒளி குறுக்கீட்டு முறையில், ஒளிதட்டுகளை ஒரு பொருளின் மேல் வைத்து அதன் பரப்பு சரியாக இருக்கிறதா என்பதைக் காணலாம். ஆனால், இப்படி நேரடியாக ஒளித்தட்டை பொருளின்மேல் வைக்கும்போது, அதன் நிலைப்பாட்டை (Position) கட்டுப்படுத்த முடியாது. இந்த குறையைப் போக்க உருவாக்கப்பட்டதுதான் NPL தட்டை குறுக்கீட்டு மானி (NPL Flatness Interferometer)

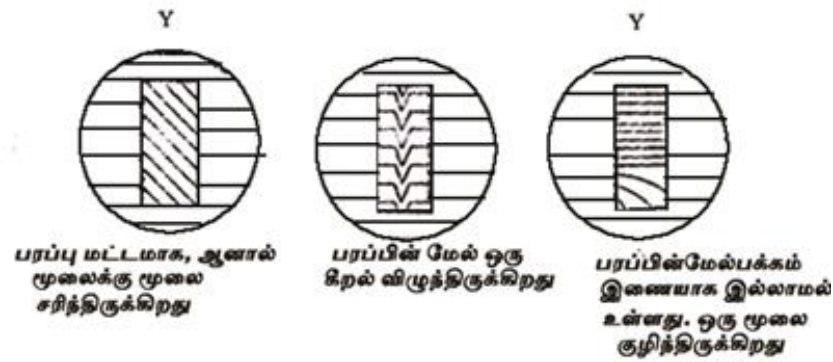
3.4. தட்டை குறுக்கீட்டுமானி **(Flatness Interferometer)**

இதன் கட்டுமானத்தை படத்தில் காணலாம். இதில் பாதரச ஆவி விளக்குலிருந்து ஒரு ஒளி, ஒரு செறிவு ஆடி வழியாக பச்சை வண்ண வடிகட்டியை அடைந்து, ஊசிமுனை துளை வழியாக ஒரு பகுதி எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியால் கடத்தப்பட்டு, இணை ஒளி ஆடியை (Collimating lens) அடைகிறது. அங்கிருந்து இணைஒளி கற்றையாக ஒரு ஒளித்தட்டின் வழியாக, ஒரு பகுதி எதிரொளிக்கப்படுகிறது, மற்றொரு பகுதி கடத்தப்பட்டு பொருளின் மேலும், அது வைக்கப்பட்டிருக்கும் மனையின் மேலும் விழுகிறது. பொருளின் பரப்பும், மனையின் பரப்பும் எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவையாதலால், அங்கிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு, மீண்டும் ஒளிதட்டை அடைகிறது. இப்பொழுது, ஒளிதட்டிலிருந்து ஏற்கனவே எதிரொளித்த ஒளியுடன் இவை கூடி இணை ஒளி ஆடி வழியாக பகுதி எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியை அடைந்து, அங்கு எதிரொளிக்கப்பட்டு, கண்ணில் விழுகிறது.

பொருளின் மேலிருந்து எதிரொளித்த ஒளியும், மனையின் மேலிருந்து எதிரொளித்த ஒளியும், ஒளித்தட்டிலிருந்து எதிரொளிக்கும் ஒளி கீற்றுகளோடு

கூடி, கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளை உருவாக்கும்.

மனையின் மேற்பரப்பும், பொருளின் மேற்பரப்பும் இணையாக இருந்தால், மனையின் மேல் தோன்றும் கருப்பு வெள்ளை பட்டையும், பொருளின் மேல் தோன்றும் பட்டையும் ஒரே மாதிரி, பட்டைகளுக்கு நடுவில் ஒரே மாதிரியான இடைவெளியோடு காணப்படும். அப்படியில்லாமல், படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல இரண்டுக்கும் வேறுபாடு இருந்தால், பொருளின் மேற்பரப்பு சற்றுசாய்வாகவோ, குழிந்தோ இருக்கிறது என்று பொருள்.



படம்-3.9 குறையுள்ள பரப்புகள்

இந்த குறுக்கீட்டு மானியில், ஒளிதட்டு ஒரு தாங்கியில் வைக்கப்பட்டிருப்பதால், அதன் கோணத்தை எந்த திசையிலும் சரிசெய்ய முடியும். மேலும் அடிமனை சுற்றும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருப்பதால், பொருளின் மேல்விழும் கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளை சரியான திசையில் திருப்பி காணமுடியும்.

25 மி.மீ அளவுக்கு குறைவான நழுவுக் கடிகைகளின் மேல், கீழ் பரப்புகளின் இணை தன்மையைக் காணவும், பரப்பின் பிற குறைகளைக் காணவும் இக்கருவியால் முடியும்.

ஆனால், நழுவுக் கடிகைகளின் அளவு 25 மி.மீ-க்கு அதிகமாகும்போது, அதன் மேல் காணப்படும் கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளை மட்டுமே காணமுடியும். மனையின் மேல் தோன்றும் பட்டைகளைக் காண இயலாது.

அந்நேரங்களில், 25 மி.மீட்டருக்கு மேல் அளவுள்ள நழுவுக் கடிகைகளை, மனையின் மேல் வைத்து, அதன் மேல் தோன்றும் கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளை எண்ணிக் கொள்ள வேண்டும்.

பிறகு, மனையை 180º சுற்றி, மீண்டும் கருப்பு வெள்ளை பட்டைகளை எண்ணிக்கொள்ள வேண்டும்.

இந்த இரண்டு நிலைகளிலும் ஒரே எண்ணிக்கையிலான பட்டைகள் இருந்தால், நழுவுக் கடிகையின் பரப்புகள் இணையாக இருக்கிறது என்று பொருள் இல்லையென்றால், நழுவுக்கடிகைகளின் பரப்புகள் இணையாக இல்லை என்று பொருள். எடுத்துக்காட்டாக,

நழுவுக் கடிகையின் முதல் நிலையில் 10 பட்டைகளும், 180º நிலையில் 18 பட்டைகளும் இருப்பதாக கொள்வோம்.

படத்தில் காட்டப்பட்டிருப்பதைப் போல், ஒளிதட்டுக்கும், நழுவுக் கடிகைக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் முதல் நிலையில் d_1 என்றும், இரண்டாம்

நிலையில் d_2 என்றும் கொள்வோம்.

அதனால் $d_1 = 10 \times \frac{\lambda}{2}$

$d_2 = 18 \times \frac{\lambda}{2}$

∴ கோணமாற்றம் = $d_1 - d_2 = 8 \times \frac{\lambda}{2}$

ஆனால், மனையைச் சுற்றுவதால், பிழை இரண்டு மடங்காகும்.

அதனால் பிழை = $\frac{d_2 - d_1}{2} \times \frac{\lambda}{2} = \frac{8}{2} \times \frac{\lambda}{2}$

$= 4 \times \frac{\lambda}{2}$

ஒளியின் அலைநீளம் 0.5μm என்றால்,

பிழை = $4 \times \frac{0.5}{2} = 1\mu m$

அதனால், நழுவுக் கடிகையின் இணைகரப் பிழை 1 மைக்ரோமீட்டர் ஆகும்.

3.5 நழுவுக் கடிகை குறுக்கீட்டு மானி **(Gauge block interferometer)**

நழுவுக் கடிகைகளின் பரப்பு சரியாக, இணையாக இருக்கிறதா என்பதை சரிபார்ப்பதைப் போல, அதன் அளவுகள் சரியாக இருக்கின்றனவா என்பதையும் சரிபார்க்க வேண்டும். அதற்காக உருவாக்கப்பட்டது தான் நழுவுக் கடிகை குறுக்கீட்டுமானி (Gauge block interferometer)

இக்கருவியில், ஒரு ஒரே அலை நீளம் கொண்ட விளக்கிலிருந்த புறப்பட்டு வரும் ஒளி, ஒரு ஊசிமுனை துளை வழியாக, இணை ஒளி ஆடியை அடைகிறது. ஊசிமுனை இணை ஒளி ஆடியின் குவிமையத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

இணை ஒளி ஆடியிலிருந்து இணை கதிராக ஒளி, ஒரு நிலை மாற்றும் பட்டகத்தின் (constant deviation prism) வழியாக ஒளித் தட்டை அடைகிறது. அங்கு ஒளி ஒரு பகுதி எதிரொளிக்கப்பட்டும், மற்றொரு பகுதி கடத்தப்பட்டும், ஒரு மனையின் மேலும் அதன் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள நழுவுக் கடிகையின் மேலும் விழுந்து எதிரொளித்து திரும்பி இணை ஒளி அடியின் குவி மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள முப்பட்டைக் கண்ணாடியால் திருப்பப்பட்டு, விழியாடியை அடைகிறது.

அங்கு தெரியும் கருப்பு வெள்ளைப் பட்டைகளைப் படத்தில் காணலாம். இப்படத்தில் மனையின் மேலுள்ள பட்டைகளின் அகலத்தையும், அதில் ஒரு பட்டைக்கும், நழுவுக் கடிகையின்மேல் தோன்றும் ஒரு பட்டைக்கும் உள்ள இடைவெளியையும் அளந்து கொள்ள வேண்டும்.

இப்பொழுது, நிலைமாற்றும் பட்டகத்தைச் சற்று திருப்பினால், வேறொரு அலைநீள ஒளி தோன்றும். இவ்வொளியில், ஒளிபட்டைகளின் தோற்றம் கிடைக்கும். இந்நிலையில், பட்டைகளின் இடைவெளி அளவுகளை எடுக்க வேண்டும்.

இதேபோல் ஒளிமாற்ற முப்பட்டைக் கண்ணாடியை மேலும் சற்று திருப்பி, ஒளி பட்டைகளின்

தோற்றத்தைக் கண்டு, பட்டைகளின் அளவுகளை எடுக்க வேண்டும்.

இந்த அளவுகளிலிருந்து நழுவுக்கடிகைகளின் அளவைச் சரிபார்ப்பது எப்படி?

3.6 நழுவுக் கடிகைகளின் அளவை அளத்தல் முறை

படத்தில் காட்டியிருப்பதைப்போல, மனையின் மேல் ஒளிபட்டைகள் தோன்றுவதாகக் கொள்வோம். அதன் இடைவெளி b என்போம்.

$\frac{\lambda}{2}$

இப்பொழுது அந்த மனையை அளவுக்கு உயர்த்தினால், பட்டைகள் b அளவுக்கு நகரும்.

$\frac{\lambda}{2}$

இன்னொரு அளவுக்கு உயர்த்தினால், இன்னொரு b

$\frac{\lambda}{2}$

அளவுக்கு நகரும். நகர்த்தும் உயரம் இல்லாமல், அதற்கு சற்று குறைவாக இழுத்தால், பட்டை b அளவுக்கு நகராமல், குறைவாகவே நகரும்.

இப்பொழுது, மனையை உயர்த்தாமல் அதன்மேல் ஒரு நழுவுக் கடிகையை வைத்தால், அதன் உயரம், மனையை உயர்த்துவதற்கு சமம் தானே.

$\frac{\lambda}{2}$

இந்த உயரத்தில் எத்தனை அளவுகள் இருக்கும்?

சரியாக முழு எண்ணிக்கையில் இருந்தால், மனையின்மேலுள்ள பட்டைகளும், நழுவுக் கடிகையின் மேலுள்ள பட்டைகளும்

$\frac{\lambda}{2}, n$

இணைந்திருக்கும். ஆனால், முழு எண்ணிக்கையிலும் f பகுதியாகவும் இருந்தால், நழுவுக் கடிகையின் மேலுள்ள கோடு இணையாமல், சற்று தள்ளி இருக்கும். இந்த அளவை, a என்று கொண்டால்,

அந்த அளவு $= \frac{a}{b} \times \frac{\lambda}{2} = f \times \frac{\lambda}{2}$

எனவே, நழுவுக் கடிகையின் உயரம் $= n \times \frac{\lambda}{2} + \frac{a}{b} \frac{\lambda}{2}$

$= \frac{\lambda}{2}(n + f)$

இப்படி நழுவுக் கடிகையின் உயரத்தை, மூன்று அலை நீளங்களில் எடுத்தால்,

கடிகையின் உயரம் $= \frac{\lambda_1}{2}(n_1 + f_1)$

$= \frac{\lambda_2}{2}(n_2 + f_2)$

$= \frac{\lambda_3}{2}(n_3 + f_3)$

இந்த சமன்பாடுகளில், f என்பது என்ன என்று தெரியும். ஆனால் n அளவுகள் தெரியாது. அப்படியென்றால், நழுவுக் கடிகையின் அளவைக் கணக்கிடுவது எப்படி?

ஒரு நழுவுக் கடிகையின் சரியான அளவு அதன் மேலேயே குறிப்பிடப்பட்டிருக்கும். அதனையே குறிக்கப்பட்ட அளவு என்கிறோம். அந்த அளவில், ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீள ஒளியின் $\frac{\lambda}{2}$ எவ்வளவு என்று கணக்கிட முடியும்.

குறிக்கப்பட்ட அளவு $= \frac{\lambda_1}{2}(N_1 + F_1)$

$$= \frac{\lambda_2}{2}(N_2 + F_2)$$

$$= \frac{\lambda_3}{2}(N_3 + F_3)$$

இங்கு N = முழு எண்ணிக்கையிலான $\frac{\lambda}{2}$ அளவும்

F = பகுதி எண்ணிக்கையிலான $\frac{\lambda}{2}$ அளவும் ஆகும்.

இந்த சமன்பாடுகளில், ஒரு குறிப்பிட்ட $\frac{\lambda}{2}$ அளவுக்கு N அளவுகளையும், F அளவுகளையும் எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம். இப்பொழுது, நழுவுக் கடிகையின் உண்மையான அளவுக்கும், குறிப்பிட்டுள்ள அளவுக்கும் உள்ள வேறுபாடு பிழை எனப்படும்.

∴ பிழை = குறிப்பிட்ட அளவு – உண்மை அளவு

ஒரு குறிப்பிட்ட $\frac{\lambda}{2}$ வுக்கு,

பிழை = $\frac{\lambda}{2}\ [(n - N) + (f - F)]$

$$= \frac{\lambda_1}{2} \left[(n_1 - N_1) + (f_1 - F_1)\right]$$

$$= \frac{\lambda_2}{2} \left[(n_2 - N_2) + (f_2 - F_2)\right]$$

$$= \frac{\lambda_3}{2} \left[(n_3 - N_3) + (f_3 - F_3)\right]$$

இந்த சமன்பாடுகளில், $(f - F)$ அளவுகள் தெரியும். ஆனால், $(n - N)$ அளவுகள் தெரியாது.

ஒரு நழுவுக் கடியின் பிழை மிகமிகக் குறைவாகவே இருக்கும் என்று நம்பப்படுகிறது. எனவே, $(n - N)$ எண்ணிக்கை, 1, 2, 3 என்று குறைந்த எண்களாகவே இருக்கும்.

எனவே, மேற்கண்ட சமன்பாடுகளில், ஒவ்வொன்றாக இந்த எண்களைப் புகுத்தி, எந்த நிலையில், மூன்று சமன்பாடுகளும் ஒரே அளவைக் காட்டுகிறதோ, அதுவே நழுவுக் கடிகையின் பிழை எனக் கொள்ளப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு:

3 மி.மீ. அளவு நழுவுக்கடிகையைச் சரிபார்க்க, சிவப்பு, பச்சை, ஊதா ஆகிய மூன்று ஒளி வண்ணங்களில், f_1, f_2, f_3 என அளவுகளை எடுக்கப்பட்டன.

அவை f_1 = 0.23

f_2 = 0.33

f_3 = 0.71

3 மி.மீ அளவில் கணக்கிடப்பட்ட $F_1 F_2 F_3$ அளவுகள் வருமாறு:

F_1 = 0.94 $\lambda_1 = 0.643$ – சிவப்பு நிறம்

F_2 = 0.44 $\lambda_2 = 0.508$ – பச்சை நிறம்

F_3 = 0.52 $\lambda_3 = 0.467$ – ஊதா நிறம்

எனவே,

பிழை = $\frac{0.643}{2}[(n-N)+(0.23-0.94)]$

$= \frac{0.508}{2}[(n_2-N_2)+(0.33-0.44)]$

$= \frac{0.467}{2}[(n_3-N_3)+(0.71-0.52)]$

பிழை = $\frac{0.643}{2}[(n_1-N_1)+(0.29)]$, குறிப்பு: = 0.23 – 0.94 = -0.71

= 1 – 0.71

= 0.29

= $\frac{0.508}{2}$ $[(n_2 - N_2) + (0.89)]$

= $\frac{0.467}{2}$ $[(n_3 - N_3) + (0.19)]$

$n_1 - N_1$, $n_2 - N_2$, $n_3 - N_3$ என்பவை முழு எண்கள். மேலும் அவை மிகச்சிறிய எண்கள். எனவே, இவற்றிற்கு, 1, 2, 3 என எண்களைக் கொடுத்து, கணக்கிட வேண்டும். எந்த நிலையில் மூன்று அலைநீளங்களிலும், ஒரே அளவு பிழை வருகிறதோ, அதுவே நழுவுக்கடிகையின் பிழையாகும்.

இந்த எடுத்துக்காட்டில்,

$\frac{\lambda}{2}$ $(n_1 - N_1) + (f_1 - F_1)$ பிழை

$\frac{0.643}{2}$	1	+	0.29	1.29	× $\frac{0.643}{2}$	0.414
2		+	0.29	2.29		0.736
3		+	0.29	3.29		1.057

$\frac{0.508}{2}$	1	+	0.89	1.89	×	$\frac{0.508}{2}$	0.480
2	+	0.89	2.89			0.734	
3	+	0.89	3.89			0.988	

$\frac{0.467}{2}$	1	+	0.19	1.19	×	$\frac{0.467}{2}$	0.277
2	+	0.19	2.19			0.534	
3	+	0.19	3.19			0.744	

இதில், 0.736, 0.734, 0.744 என்பவை ஏறக்குறைய சமமாக இருப்பதால், அவையே பிழை எனக் கொள்ளப்படும்.

இது சற்று நேரம்பிடிக்கும் முறை என்பதால், இதனை எளிதாக்க நழுவும் அளவுகோல் ஒன்று இதற்காக உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

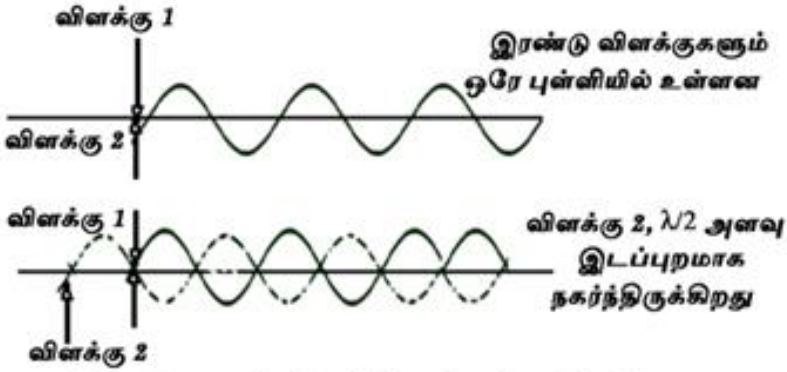
இன்றைய கணிப்பொறிகளைப் பயன்படுத்தியும், இந்த அளவுகளை எளிதில் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

இந்த எடுத்துக்காட்டில், $\mathbf{n - N}$ என்பது நேர் எண்களாகவே (+ve number) எடுக்கப்பட்டன. ஆனால் சில நேரங்களில் இவை எதிர் எண்களாகவும், (-ve

number) இருக்கும். எனவே நேர் எண்களுக்கு விடை கிடைக்கவில்லை என்றால், எதிர் எண்களுக்கும், இவை கணக்கிடப்படவேண்டும்.

3.7 ஒளிகுறுக்கீட்டு அடிப்படையில் தொலைவை அளத்தல்

ஒரே அச்சில் இரண்டு ஓரியல் தன்மை கொண்ட ஒளிக்கதிரை உண்டாக்கும் விளக்குகளை இருவேறு புள்ளிகளில் வைத்து அச்சுக்கெதிரே திரையை வைத்தால், இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் சந்திக்கும் முறையில் பொலிவு தோன்றுவதாகக் கொள்வோம். இப்பொழுது ஒரு விளக்கை மட்டும் அரை அலை நீளத்திற்குத் தள்ளி வைத்தால், திரையில் கருமைத்தோன்றும். இப்படி ஒரு விளக்கை மட்டும் மெதுவாக, அரை அலைநீளத்திற்கு நகர்த்திக் கொண்டே போனால், ஒவ்வொரு அரைஅலை நீளத்திற்கும் திரையில் பொலிவும், கருமையும் மாறிமாறித் தோன்றும். எத்தனைப் பட்டைகள் தோன்றின என்று கணக்கிட்டால், அதன் மூலம் விளக்கு எவ்வளவு தொலைவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை எளிதாகக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இதன் அடிப்படையில் தான் மைக்கல்சன் ஒளி குறுக்கீட்டு மானி (Michelson interferometer) அமைக்கப்பட்டது.



படம்-3.13 நகரும் விளக்கினால் ஏற்படும் விளைவு

மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு மானியில் விளக்கிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் பகுதி எதிரொளிப்புக் கண்ணாடி வழியாகச் செல்லும்போது இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒரு ஒளிக்கதிர் செங்குத்தாகப் பிரிந்து கண்ணாடி 1-ல் பட்டு எதிரொளித்து திரும்பி வரும். மற்றொரு ஒளிக்கதிர் நேராகச் சென்று கண்ணாடி 2-ல் பட்டு திரும்பி ஒளிபகுப்புக் கண்ணாடியின் வழியாக வரும்போது செங்குத்தாகத் திருப்பப்பட்டு கீழே வரும். அங்கே இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் சந்திக்கும். இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் பயணம் செய்த தொலைவு வேறுபாடு இரட்டைப்படையான அரை அலைநீளமாக இருந்தால் பொலிவும், அதுவே ஒற்றைப்படையில் இருந்தால் கருமையும் தோன்றும். இப்பொழுது கண்ணாடி சற்று நகரும்போது பொலிவும் கருமையும் மாறி மாறி வெள்ளை கருப்புப் பட்டைகள் நகருவதைப் போல தோன்றும். இந்த பட்டைகளை எண்ணி, கணக்கிட்டு கண்ணாடி நகர்ந்த தொலைவைக் கணித்துவிடலாம்.

இந்தக் கருவியின் திறனை மேம்படுத்த பாதரச ஆவி மின் விளக்குக்குப் பதிலாக லேசர் பயன்படுத்தப்பட்டது. லேசர், ஒரே அலைநீளமும் ஓரியல் தன்மையும் நீண்ட தொலைவுக்குச் செல்லும் ஆற்றலும் கொண்டது. அடுத்து சாதாரண பட்டை எதிராடிகளுக்குப் பதிலாக கனமூலை ஆடிகள்(Cube corner mirror) அல்லது பூனைக்கண் எனப்படும்

படிகங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. இவை ஒளியை இணையாக எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவை மூன்றாவதாக பொலிவு கருமை பட்டைகள் ஒளிமின் உணர்விகளால் (opto electrical sensors) துல்லியமாக எண்ணி மின்னணுக் கருவிகளால் தொலைவு கணிக்கப்பட்டது. கண்ணாடி மிகவேகமாக நகர்ந்தாலும் கூட, தொலைவை இதன்மூலம் சரியாக கணக்கிட முடியும்.

3.8 இரு அதிர்வெண் லேசர் குறுக்கீட்டு மானி

முன்னர் குறிப்பிட்ட மைக்கல்சன் ஒளி குறுக்கீட்டு அளவி அலை உயரத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. ஒளி அலை காற்றில் பயணம் செய்யும்போது அதன் அதிர்வெண் மாறாமலிருந்தாலும், காற்றின் அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அதன் ஒளிவிலக்கம் (Refractive index) மாறுவதால் ஒளி வேகமும் மாறும். அதனால் அலை உயரமும் மாறும். ஆகவே அலை உயரம் மாறுபட்ட இரண்டு ஒளியலைகள் சந்திக்கும்போது வெள்ளைக் கருப்புப் பட்டைகள் தெளிவாகத் தெரியாது. எனவே இந்தக் குறையைப் போக்க அதிர்வெண் (frequency) அடிப்டையிலான குறுக்கீட்டுக் கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் இரண்டு சற்றே மாறுபட்ட அதிர்வெண்கள் கொண்ட இரு லேசர் ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றாக பயணிக்கும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட அலை எண்ணிக்கைகளுக்குப் பிறகு ஒளி குறுக்கீடு நடைபெறுகிறது. இது, ஒரு கடிகாரத்தில் வேகமாக ஓடும் பெரியமுள், மெதுவாக ஓடும் சிறிய முள்ளை மணிக்கொரு முறை தொட்டுச் செல்வதைப் போன்றது.

எத்தனை அதிர்வெண்களுக்குப் பிறகு இந்த குறுக்கீடு நடைபெறும் என்பதை இரண்டு அலைகளின் நீளத்தின் மூலம் எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம். எனவே, அலைகள் எவ்வளவு தூரம் பயணம் செய்திருக்கின்றன என்பதையும் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக ஈலியம் நியான் லேசர் 5×10^{14}

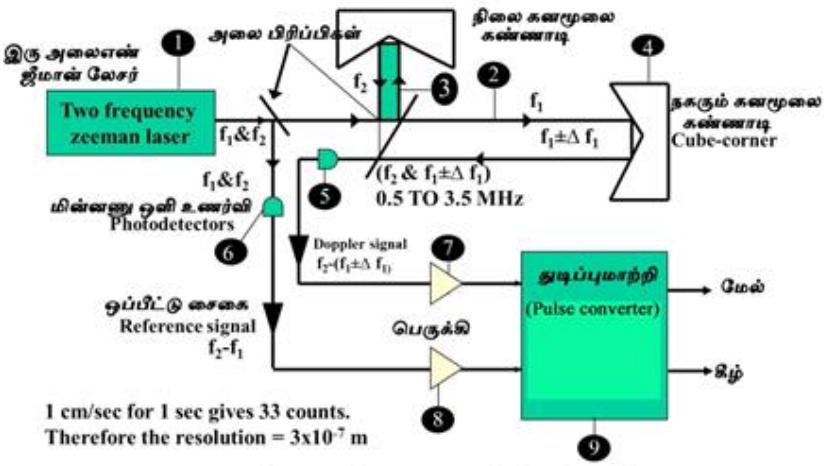
அலைவெண்ணுக்குப் பக்கமாக இரண்டு மாறுபட்ட அலைவெண்களை உற்பத்தி செய்கிறது. மாறுபட்ட நிலைகள் (Polarisation) கொண்ட இந்த இரண்டு அலைவெண்களுக்கு இடையேயுள்ள மாறுபாடு 2MHz ஆகும். ஆகவே, இந்த இரண்டு அலைகளுக்கும் உள்ள நேர வேறுபாடு (Time shift) மிகவும் குறைவே. இது முன்னர் குறிப்பிட்டது போல் ஒரு முகமாக இணையும்போது ஒளிக்கீற்று உண்டாகிறது.

இதுபோன்றே 1.25×10^8 அலைகளுக்குப் பிறகு (0.25×10^{-6} sec) இரண்டு அலைகளுக்கு இடையிலான நேர வேறுபாடு கூடிக்கொண்டே வந்து அரை அலைநீள மாறுபாட்டை உண்டாக்குகிறது. ஆகவே, இங்கு இரண்டு அலைகளும் எதிர்முகமாக சந்தித்து கருமையை உண்டாக்குகிறது.

இப்படியே 2MHz வேகத்தில் ஒளிக்கீற்றுகள் தோன்றிக் கொண்டேயிருக்கும். இதன் அடிப்படையில் தான் இருஅலை லேசர் மானி இயங்குகிறது. (படம்-3.16)

லேசர் சாதனத்திலிருந்து புறப்படும் f1,f2 என்ற இரண்டு ஒளி அலைகள் அலை பிரிப்பியை அடைகின்றன. அங்கு f1,-ம் f2-ம் முதலில் எதிரொலிக்கப்படுவதோடு நேராக சென்று குறுக்கீடு மானியையும் அடைகிறது. அங்கு f2 மட்டும் தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது. அது நேராகச் சென்று நிலையான கனமூலைக் கண்ணாடியை அடைந்து மீண்டு வருகிறது. அதே நேரத்தில் f1 நேராகச் சென்று நகரும் கனமூலை கண்ணாடியை அடைந்து மீண்டும் வந்து f2ல் இணைகிறது. கனமூலைக் கண்ணாடி அசையாமல் நிலையாக இருந்தால், எதிரொளிக்கும் f1-ல் எந்த மாற்றமும் நிகழ்வதில்லை. ஆனால் அது நகர்ந்தால் நகரும் வேகத்திற்கு ஏற்ப அலைவெண் f1 டாப்ளர் (Dofler shift) விளைவால் ($f1 \pm \Delta f1$) என்று மாற்றமடைகிறது. (3.3MHz/M.sec.) ஆகவே, இந்த அலை திரும்பி வந்து குறுக்கீட்டு மானியில் f2ல் இணையும் போது முன்னர் குறிப்பிட்டதைப் போல் ஒளி குறுக்கீடு ஏற்படுகிறது. இதன் வேகம் 0.5 முதல் 3.5MHz ஆகும். ஆகவே, இந்த ஒளிப்பாதையில் உள்ள ஒளி மின் உணர்வி வேகத்திற்கு ஏற்ப 0.5 முதல் 3.5MHz

அலைவெண் கொண்ட மின் அலைகளை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த மின் அலை பன்மடங்காகப் பெருக்கப்பட்டு, ஒரு கணக்கிடும் கருவிக்கு அனுப்பப்படுகிறது. கனமூலைக் கண்ணாடி நகராமல் இருந்தால் இது 0-வைக் காட்டும். ஆனால் அது நகர்ந்தால் மின் அலைகளைக் கணக்கிட்டு, நகர்ந்த தூரத்தை துல்லியமாகக் காட்டிவிடும். எடுத்துக்காட்டாக, கனமூலைக் கண்ணாடி 1cm/Sec என்ற வேகத்தில் ஒரு வினாடி நகர்ந்தால் (1cm. தூரம்) 33 துடிப்புகளை அது காட்டும். இதன் நுட்பம் 3×10^{-7} ஆகும்.



படம்-3.16 இரு அலைஎண் லேசர் மானி

இந்த இரு அலை ஒளி குறுக்கீட்டு மானி,

1. காற்றின் அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றால் அதிகம் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
2. திசைவேகம், தூரம் ஆகியவற்றைத் துல்லியமாகக் காட்டும்.
3. லேசர் சாதனத்திலிருந்து விலகி இருப்பதால், அது லேசர் வெப்பத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
4. ஒளி அமைப்புகளை மாற்றி, இந்த அமைப்பால் தூரம், சமதளம் நேர்க்கோட்டமைப்பு மூலவிட்டம் ஆகியவற்றைத் துல்லியமாக (200மீ நீளத்திற்கு) அளக்க முடியும்.

5. பல அச்சுகளில் அளக்கும்.

குறு வினாக்கள் :

1. ஒளி குறுக்கீடு என்றால் என்ன?
2. ஒளி குறுக்கீடு நடக்க அடிப்படை தேவை என்ன?
3. ஒளித்தட்டு என்றால் என்ன? அதன் தேவை என்ன?
4. பரப்பின் தட்டைத்தன்மையை சரிபார்க்கும் கோட்பாடு என்ன?
5. பரப்பின் தன்மைக்கு ஏற்ப கருப்பு வெள்ளை பட்டை எப்படி மாறும்?
6. ஒரு உருண்டையின் மேல் ஒளிபட்டை எப்படி தோன்றும்?
7. ஒரு குழாயின் மேல் தோன்றும் ஒளிபட்டை எப்படியிருக்கும்?
8. ஒளி குறுக்கீட்டு முறையில் ஒரு குவி பரப்பையும், குழிபரப்பையும் வேறுபடுத்தி பார்ப்பது எப்படி?
9. மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு மானியின் அடிப்படை என்ன?
10. இரு அலை எண் லேசர் குறுக்கீட்டு மானியின் அடிப்படை என்ன?

நெடு வினாக்கள் :

1. ஒளிகுறுக்கீடு கோட்பாடு அளவையியலில் பயன்படும் முறையை உரிய படங்களுடன் விளக்குக.
2. தட்டை குறுக்கீட்டு மானியின் செயல்பாட்டை படம் வரைந்து விளக்குக. அதில் பல்வேறு குறையுள்ள பொருள்களின் மேல் தெரியும் ஒளிபட்டைகளை படம் வரைந்து காட்டுக.
3. தொலைவை அளப்பதற்கு பயன்படும் ஒளிகுறுக்கீட்டுமானி கோட்பாடு என்ன? இந்த கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்ட குறுக்கீட்டு மானியின் செயல்பாட்டை விளக்குக. அதன் நிறை, குறைகள்

என்ன?

4. இரு அலைஎண் லேசர் குறுக்கீட்டுமானியின் கோட்பாடு என்ன? அது செயல்படும் முறையை படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் நன்மைகள் என்ன?

4

நேரியல் அளவுகள் அளத்தல்

பாடம் **-4**

நேரியல் அளவுகள் அளத்தல்

(LINEAR MEASUREMENT)

4.1 நேரியல் அளவிடும் கருவிகள் **(Linear Measuring Instrument)**

நீளம், அகலம், உயரம், ஆழம், தடிமன், விட்டம் ஆகியவற்றை அளக்கும் கருவிகளை நேரியல் அளவிடும் கருவிகள் என்கிறோம். அவையாவன:

(1) அளவுகோல் (Scale)

(2) வெர்னியர் அளவுகோல் (Vernier caliper)

(3) நுண்ணளவி (Micrometer)

(4) உயரமானி (Height gauge)

(5) முகப்புமானி (Dial gauge)

(6) நழுவுக் கடிகை (Slip gauge)

(7) நீளத் தண்டுகள் (Length bars)

4.2 அளவுகோல்

அளவுகோல் நாம் அன்றாடம் நீளத்தை அளக்க பயன்படுத்தும் கருவியாகும். இது 150 மி.மீ. நீளத்திலிருந்து 1000 மி.மீ. நீளம் வரை இருக்கும். பெரும்பான்மையாகப் பயன்படும் அளவுகோல்கள் 300 மி.மீ. நீளம் கொண்டது.

படம்-4.1 எஃகு அளவுகோல் (The Steel Rule)

இதன் துல்லியம் 1 மி.மீ. அல்லது 0.5 மி.மீ இருக்கும். தொழிற்சாலைகளில் பயன்படும் அளவுகோல்கள் கருக்காத எஃகினால் (Stainless steel) செய்யப்பட்டவை ஆகும். இதன் துல்லியம் மிகவும் குறைவு என்பதால் தோராயமான அளவுகள் எடுப்பதற்கு மட்டுமே இன்று அளவுகோல்கள் தொழிற்சாலையில் பயன்படுகின்றன.

4.3 வெர்னியர் அளவுகோல்

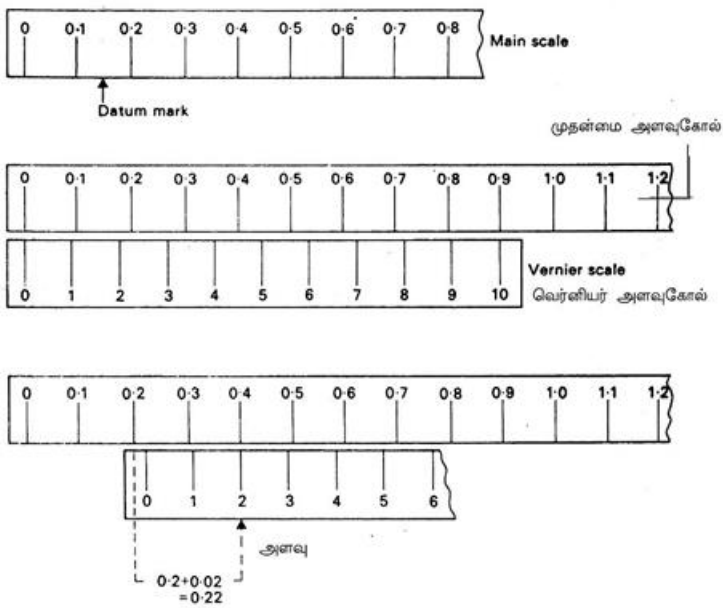
மிகவும் நுட்பமாக அளவுகள் எடுக்க வேண்டிய தேவையை நிறைவு செய்ய அளவுகோலில் ஒரு வெர்னியர் அளவியை இணைத்துச் செய்யப்பட்டதால் இவை வெர்னியர் அளவுகோல் எனப்படும்.

ஒரு முதன்மை அளவுகோலில் உள்ள 9 பகுதிகளை 10 பகுதிகளாகப் பிரித்து வெர்னியர் சட்டத்தில் கோடுகள் போடப்பட்டிருக்கும்.

முதன்மை அளவுகோலில் 1 பகுதி = 1 மி.மீ.
என்றால்,

வெர்னியர் அளவியின் 1 பகுதி = 9/10 = 0.9 மி.மீ.

ஆக இரண்டுக்கும் உள்ள வேறுபாடு 1.0 – 0.9 = 0.1 மி.மீ.



படம்- 4.3 வெர்னியர் அளவுகோல் அடிப்படை
(Principle of Vernier scale)

அதாவது, முதன்மை அளவுகோலின் ஏதாவது ஒரு கோட்டிலிருந்து வெர்னியர் அளவியின் 0-கோடு 0.1 மி.மீ. தள்ளியிருந்தால் வெர்னியர் அளவியிலுள்ள முதல்கோடு முதன்மை அளவுகோலின் ஒரு கோட்டுக்கு நேராக இருக்கும். இதைப்போலவே 2-ஆம் கோடு பொருந்தியிருந்தால் 0,2 மி.மீ. தள்ளி இருக்கிறது என்றும், மூன்றாம் கோடு பொருந்தியிருந்தால் 0.3 மி.மீ. தள்ளி இருக்கிறது என்றும் பொருள்.

எடுத்துக்காட்டாக,

வெர்னியரின் 0-கோடு முதன்மை அளவிகோலில் 0.2 கோட்டுக்கும், 0,3 கோட்டுக்கும் இடையிலும் வெர்னியரின் 2ஆவது கோடு முதன்மை அளவுகோலின் 0,4 கோட்டோடு பொருந்தியும் இருக்கிறது என்றால்,

அளவு = 0.2 + 0.01 x 2

= 0.2 + 0.02

= 0.22 மி.மீ.

ஒரு வெர்னியரின் சிற்றளவு (least count)

$$= \frac{1-0.9}{10} = \frac{0.1}{10} = 0.01 \text{ மி.மீ.}$$

இதைப்போலவே, முதன்மை அளவுகோலில் 49 பகுதிகள் (1 பகுதி = 1 மி.மீ.) வெர்னியரில் 50 பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருந்தால்,

வெர்னியரின் சிற்றளவு $= \frac{50-49}{50} = \frac{1}{50} = 0.02$ மி.மீ. ஆகும்.

ஒரு முதன்மை அளவுகோலின் 1 பகுதி 0.5 மி.மீ

என்றால்,

வெர்னியரின் சிற்றளவு $\frac{1}{50}$ = x 0.5 = 0.01 மி.மீ. ஆகும்.

ஆனால், ஒரு அளவுகோலில் 0.5 மி.மீ அளவுள்ள கோடுகள் போடுவதும், போட முடிந்தாலும் அவற்றைப் படிப்பதும் சிரமம் ஆகும். ஆகவே, வெர்னியர் அளவுகோல்களின் சிற்றளவு (least count) பொதுவாக 0.02 மி.மீ. அளவாகவே இருக்கும். இப்பொழுது சில மின்னணு சாதனங்களை இணைத்து 0.001 மி.மீ. சிற்றளவு துல்லியத்தில் கருவிகள் செய்யப்படுகின்றன.

வெர்னியர் அளவுகோல்களின் வெளிப்புற அளவுகளை மட்டுமல்லாது உட்புற அளவுகளையும் எடுக்க மேற்புறத்தில் இரண்டு கவ்விகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஆழத்தைக் காணவும் இதில் வசதி உண்டு.

ஒரு ஆழ வெர்னியர் அளவுகோலையும் அதன் பயனையும் படத்தில் காணலாம்.

4.4 நுண்ணளவி **(Micrometer)**

ஒரு நுண்ணளவி என்பது மரையாணியின்

அடிப்படையில் அமைந்த அளக்கும் கருவியாகும். ஒரு மரையாணியின் புரியிடைத் தூரம் (pitch) 1 மி.மீ. என்றால், அது ஒரு மரையில் ஒரு சுற்றுக்கு 1 மி.மீட்டர் நகரும். ஒரு சுற்றை மேலும் 100 பகுதிகளாகப் பிரித்தால், ஒவ்வொரு பகுதியும் 1/100 = 0.01 மி.மீ. அளவைக் குறிக்கும். ஆகவே, 0.01 மி.மீ. சிற்றளவிற்கு துல்லியமாக அளக்க நுண்ணளவிகள் பயன்படுகின்றன. ஒரு நுண்ணளவியின் கட்டுமானத்தைப் படத்தில் காணலாம்.

ஒரு லாட வடிவிலான இரும்புச் சட்டத்தின் இடது முனையில் ஒரு நிலை பணை (anvil) இருக்கும். வலது முனையில் சுழலும் மரையாணி ஒரு மரையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மரையாணியின் ஒரு முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள குழலில் வெர்னியர் அளவுகள் இருக்கும். மரையாணி சுற்றும்போது குழலும் சுற்றிக் கொண்டே அளவுகோலின்மேல் நகரும்.

முதன்மை அளவுகோலின் சிற்றளவு 0.5 மி.மீ என்றும் வெர்னியரின் ஒரு சுற்று 50 பிரிவுகளாகவும் இருந்தால், நுண்ணளவியின் சிற்றளவு (least count)

$$\frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ மி.மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு

அளவு = முதன்மை அளவு + வெர்னியர் அளவு

குழல் முதன்மை அளவுகோலில் 9 மி.மீக்கும் 9.5 மி.மீக்கும் இடையில் இருந்து, வெர்னியர் அளவி 35

என்றால்

அளவு = 9.00 + 35 x 0.01

= 9.35 மி.மீ.

குழல் 9.5 மி.மீட்டருக்கும் 10.00 மி.மீட்டருக்கும் இடையில் இருந்தால் வெர்னியர் அளவு 35 என்றால்

அளவு = 9.50 + 35 x 0.01

= 9.50 + 0.35

= 9.85மி.மீ

நுண்ணளவிகளின் பணைகள் ஒரு உறுப்பின் பரப்பைத் தொட்டு அளக்கும். இக்கருவிகள் மரையாணியின் அடிப்படையில் அமைந்திருப்பதால், மரையாணியைத் திருகத் திருக அது உறுப்பை அழுத்தி பிழையான அளவைக் காட்டும். எனவே இந்த அளக்கும் அழுத்தத்தை ஒரே சீராக வைக்கும் பொருட்டு, நுண்ணளவிகளின் வலது முனையில் ஒரு நழுவுத் திருகு (Ratchet) அமைப்பு இருக்கும். சுழலும் அச்சு உறுப்பைத் தொட்டதும் இந்த நழுவுத் திருகு அமைப்பில் கிளிக் என்ற ஓசை கேட்கும். இந்த ஓசையின் எண்ணிக்கை இரண்டு அல்லது மூன்று என்று ஒரே அளவாக வைத்துக் கொண்டால், உறுப்பின் மேல் செலுத்தப்படும் அழுத்தம் ஒரு சீராக இருக்கும்.

4.4.1 சுட்டு நுண்ணளவிகள் **(Indicating Micrometer)**

ஒரு உறுப்பின் அளவுகள் சரியாக, குறிப்பிடப்பட்டுள்ள பொறுதிக்குள் இருக்கிறதா என்பதைக் கண்டறிய இவ்வகைக் குறி நுண்ணளவிகள் பயன்படுகின்றன. இதில் உள்ள லாட சட்டத்தில் முகப்புமானி ஒன்று பொருத்தப்பட்டு

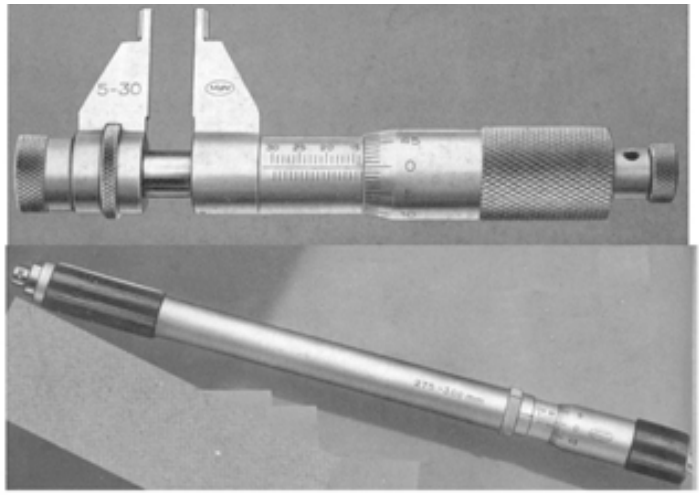
இருக்கும். இது ±30µm வரைகாட்டும். ஒரு உறுப்பின் சரியான அளவை ஓர் செந்தரத்தைக் கொண்டு பணைகளின் (கவ்விகளின்) நடுவில் வைத்து முகப்புமானியில் 0-அளவை அமைத்துக் கொள்ளலாம். ±20µm பொறுதி என்றால் அதன் எல்லைகளைக் காட்டுவதற்கும் முட்கள் உள்ளன. அதையும் அமைத்துக் கொள்ளலாம். பிறகு நுண்ணளவியின் தண்டு சுற்றுவதை பூட்டிவிட்டு உறுப்பை அளக்கும் போது பணை (Anvil) அதற்கேற்ப நகர்ந்து அளவைக் காட்டும். அளவு சரியாக இருக்கிறதா இல்லையா என்பதை எளிதில் கண்டு கொள்ளலாம்.

லாட சட்டத்தில் முகப்புமானியைப் பொருத்துவதற்கு பதில், பணையில் நேரடியாக ஓர் முகப்பு மானியை (Dial gauge) பொருத்தியும் அளக்க முடியும். இதற்கு முகப்பு நுண்ணளவி என்று பெயர் (Dial micrometer).

நுண்ணளவிகளில் சுழலும் அச்சை சுழலாமல் பூட்டி வைக்கவும் ஒரு பூட்டு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

நுண்ணளவிகள் பொதுவாக 0-25 மி.மீ. அளப்பதாகவே இருக்கும். ஆனால் 25 மி.மீட்டருக்கு அதிகமாக அளவுகளை அளக்க 25-50 மி.மீ., 50-75 மி.மீ., 75-100 மி.மீ., 100-125 மி.மீ., 125-150 மி.மீ. அளவுகளிலும், அதற்கு மேலும் அளக்க நுண்ணளவிகள் இருக்கின்றன.

பொதுவாக நுண்ணளவிகளை வெளிப்புற நுண்ணளவிகள் என்றும், உட்புற நுண்ணளவிகள் என்றும் வகைப்படுத்தலாம். சில உட்புற நுண்ணளவிகளைப் படத்தில் காணலாம்.

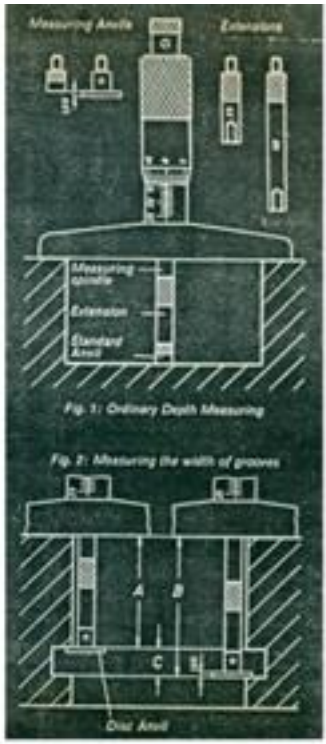


படம்-4.8 உட்புற நுண்ணளவிகள்

4.4.2 ஆழ நுண்ணளவி **(Depth micrometer)**

ஒரு உறுப்பில் உள்ள பள்ளத்தின் ஆழத்தைக் காண இவை பயன்படுகின்றன.

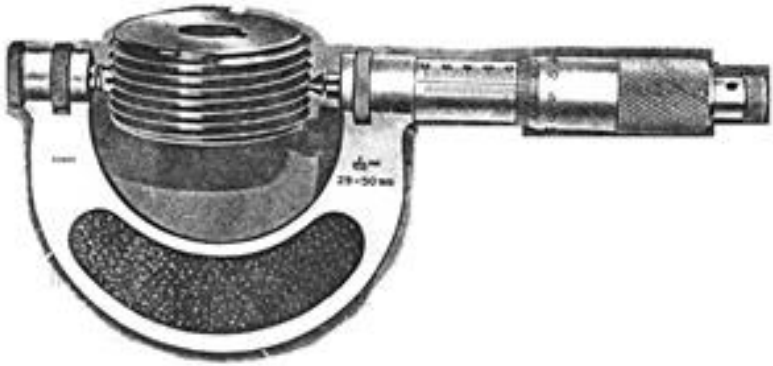
படம்-4.9.1 ஆழ நுண்ணளவி



படம்-4.9.2 ஆழநுண்ணளவி பயன்பாடு

4.4.3 திருகாணி நுண்ணளவிகள் **(Pitch micrometer)**

ஒரு திருகாணியின் புரிவிட்டம் (Pitch diameter) அளப்பதற்குப் பயன்படுகின்றன.



படம்-4.10.1 புரிவிட்டம் நுண்ணளவி
(Pitch diameter micrometer)

படம்-4.10.2 புரிவிட்டம் நுண்ணளவி

4.5 வெர்னியர் உயரமானி **(Vernier height gauge)**

வெர்னியர் அளவுகோலை அடிப்படையாகக் கொண்டு உயரத்தை அளப்பதற்கு பயன்படும் கருவி வெர்னியர் உயரமானி ஆகும். பொதுவாக 0.02 மி.மீ. துல்லியமும், 0-500 மி.மீ. வரை அளக்கும் திறனும் கொண்டவை. முகப்புமானிகளும், மின்னணு சாதனங்களும் பொருத்தினால் இதில் 0.001 மி.மீ. அளவுக்கும் அதற்கு மேலும் கூட துல்லியமாக அளக்க முடியும்.

ஒரு கனமான அடிப்பகுதியில் தலைமை அளவுகோலும், அதனுடன் வெர்னியர் அளவுகோலும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். வெர்னியர் அளவுகோலின் அமைப்புடன் ஒரு ட சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ட சட்டத்தில் ஒரு ஊசியை இணைக்கலாம். ஊசிக்கு பதிலாக ஒரு முகப்புமானியையும் (Dial gauge) இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

இரண்டு காடிகளுக்கு இடையேயுள்ள உயரத்தையோ, அல்லது ஒரு உறுப்பின் உயரத்தையோ அளப்பதற்கு உயரமானி பயன்படுகிறது. மேலும் ஒரு உறுப்பின் ஒரு பக்கத்தை சரியான உயரத்தில் ஒரு புள்ளியை / கோட்டை வரையவும் இது பயன்படும். 300 மி.மீ. உயரத்திலிருந்து 1000 மி.மீ. உயரம் வரை அளக்க தனியான உயரமானிகள் உள்ளன.

4.6 முகப்புமானி **(Dial gauge)**

தொழிற்சாலைகளில் பலவகை பயன்பாடுகளுக்கு முகப்புமானிகள் பயன்படுகின்றன. அவை,

(1) தடிமன் அளத்தல்

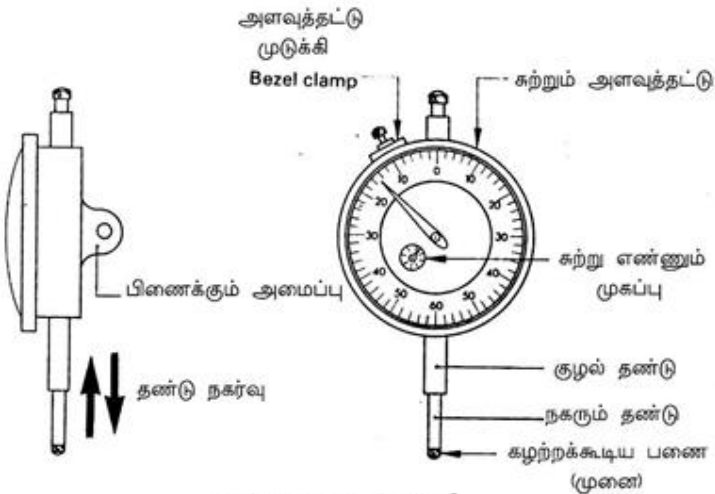
(2) இரண்டு உறுப்புகளின் அளவுகளை ஒப்பு நோக்கல்

(3) பொறிகளில் உறுப்புகளை அமைத்தல்

(4) மட்டத்தையும், கோணத்தையும் அளத்தல்

முகப்புமானியில் உள்ள அளக்கும் தண்டு மேலும் கீழும் நகரும்போது அதனோடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும் ஒரு பல்சக்கரம் சுற்றும். இந்த பல்சக்கரத்தோடு மேலும் பல பல்சக்கரத் தொடர்களை (Gear train) இணைத்து ஒரு சிறு நகர்வையும் பெருக்கிக் (Magnify) கொள்ளலாம். இறுதியிலுள்ள பல்சக்கரத்தில் ஒரு அளவுகாட்டும் முள்ளை பொருத்திவிட்டால், அது பலமுறை சுற்றி துல்லியமாக தண்டு எவ்வளவு நகர்ந்தது என்பதைக் காட்டிவிடும். வட்டமான ஒரு முகப்புத் தட்டில் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டு இருப்பதால், இதனை முகப்புமானி என்கிறோம். முகப்புமானிகளைக் கொண்டு 0-5 மி.மீ. முதல் 0-50 மி.மீ. வரையும் 0.01 மி.மீ. முதல் 0.001 மி.மீ. வரை துல்லியமாக அளக்கலாம். எவ்வளவு அளக்க வேண்டும். எந்த துல்லியத்தில் அளக்க வேண்டும் என்பதைப் பொருத்து, முகப்புமானிகளின் கட்டுமானம் மாறுபடும்.

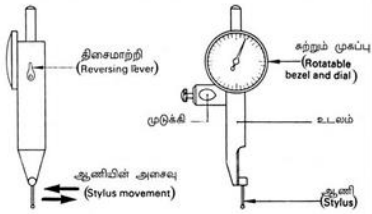
முகப்புமானிகளில் ஒரு நகரும் தண்டுக்கு பதிலாக, அளக்கும் பகுதியில் ஒரு நெம்புக்கோல் (lever) அமைப்பைப் பொருத்தி சிறு மாற்றங்களை அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.



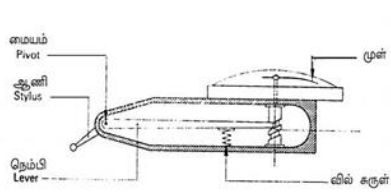
படம்- **4.**13 முகப்புமானி

4.6.1 நெம்பு முகப்புமானி **(Dial Test Indicator)**

நெம்பு முகப்புமானியின் உணர்முனை ஒரு நெம்பியோடு சுழல் மையத்தில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. நெம்பியின் மறுமுனை ஒரு சுழல் தண்டின் காடியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. உணர்முனை முன்னும் பின்னும் நகரும்போது நெம்பி மேலும் கீழும் நகர்ந்து சுழல் தண்டை சுழற்றுகிறது. சுழல் தண்டோடு அளவுகாட்டும் முள் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், அது முகப்புத்தட்டில் சுற்றி அளவைக் காட்டுகிறது. வேண்டிய துல்லியத்திற்கு ஏற்ப சுழல் தண்டு ஒரு பல்சக்கர அமைப்போடு இணைத்து பெருக்கத்தை (Magnification) அதிகப்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

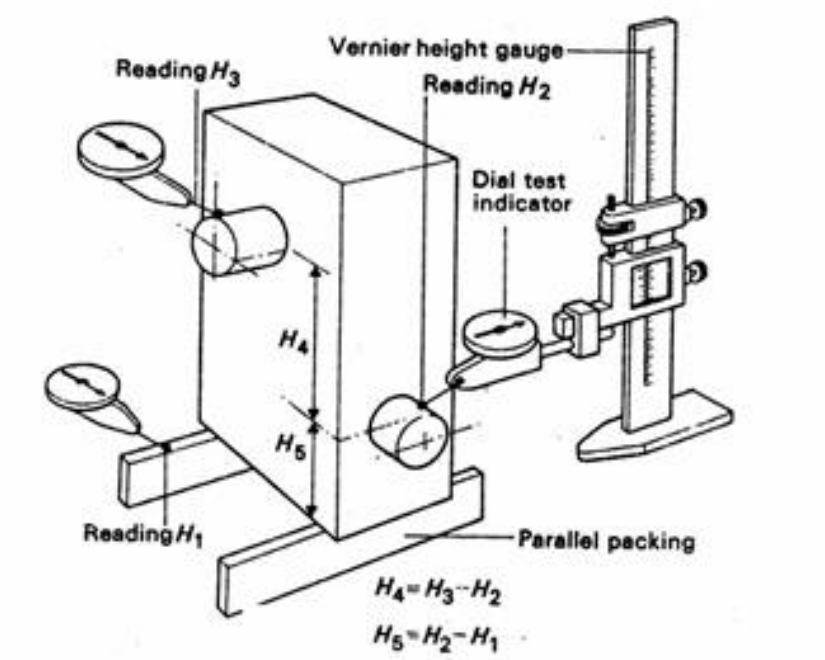


படம்-4.14.1 நெம்பு முகப்புமானி



படம்-4.14.2 நெம்புமுகப்புமானியின் செயல்படு முறை

இதனை ஒரு உயரமானியில் உணரும் முனைக்கு பதிலாக பயன்படுத்தி சரியான உயரங்களை அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

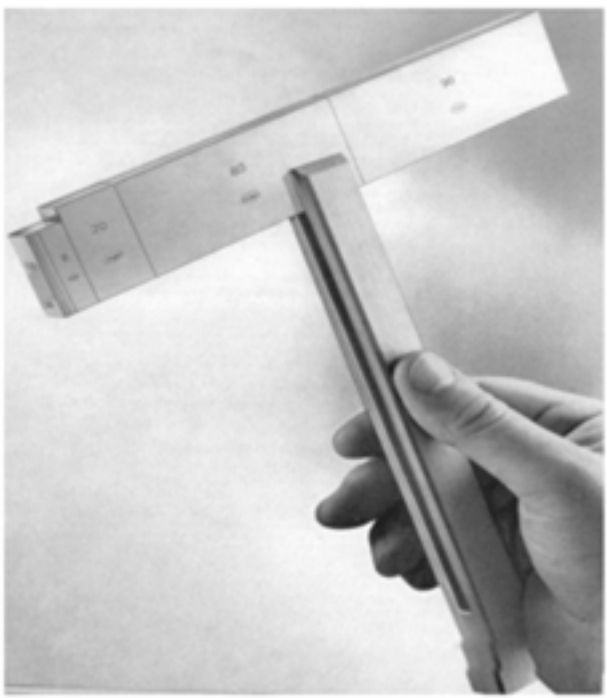


படம்- 4.15 நெம்பு முகப்புமானியுடன் வெர்னியர் உயரமானியின் பயன்கள்

4.7 நழுவுக் கடிகைகள் (Slip gauges)

நேரியல் அளக்கும் கருவிகளை அளவீடு செய்வதற்குப் பயன்படும் முனை செந்தரம் நழுவுக் கடிகைகள் ஆகும். இவை எஃகு கலப்பு உலோத்தால் செய்யப்பட்டவை. பயன்படுத்தும் பரப்புகள் மிகவும் வழவழப்பாக, சீராக, தட்டமாக இருக்கும்.

இவை 9 மி.மீ அகலமும் 30 மி.மீ நீளமும் கொண்ட செவ்வக வடிவத்தில் தேவையான அளவுக்கு தடிமனாக இருக்கும். இவற்றின் பரப்பு வழவழப்பாக இருப்பதால், ஒன்றின் மேல் ஒன்றை வைத்து ஒரு முனையிலிருந்து உரசினால், அவை நழுவி பற்றிக் கொள்ளும். இந்த நழுவுத்தன்மையினால் இதனை நழுவுக் கடிகைகள் என்கிறோம்.



படம்-4.16 நழுவுக்கடிகை

இவை 1.001 மி.மீ அளவிலிருந்து பல்வேறு அளவுகளில், 100 மி.மீ வரை இருக்கும். பரவலாகப்

பயன்படும் நழுவுக் கடிகைகளின் அளவுகள் வருமாறு:

வரம்பு		படி	எண்ணிக்கை
1.001	– 1.009	0.001	9
1.01	– 1.49	0.01	49
0.55	– 9.50	0.5	19
10.0	– 90.00	10.0	9
1.005		–	1
மொத்தம்			87

45 மற்றும் 112 எண்ணிக்கையிலான நழுவுக் கடிகைகளும் உள்ளன.

4.7.1 நழுவுக் கடிகைகளின் தரப்பாடு

1. அளவீடு தரம் : நழுவுக் கடிகைகளை அளவீடு செய்வதற்குப் பயன்படும்

(Calibration grade) சிறப்பு (Calibration grade) ஓப்பீட்டுத்தரம்

1. தரம் – 00 : ஆய்வுக் கூடங்களில் பயன்படுத்தி, தரம் I தரம் II

வகை நழுவுக் கடிகைகளை அளவீடு செய்வதற்குப்

பயன்படுவது.

1. தரம் : 0 : கருவிகளை அளவீடு செய்வதற்கு பயன்படுவது.
2. தரம் I : துல்லியமாக அளப்பதற்கும், சைன் சட்டங்களைப்

பயன்படுத்தி, கோணத்தை அளத்தல் போன்ற

பணிகளுக்கும் பயன்படுகிறது.

1. தரம் II : பணிமனைகளில், மற்ற சாதாரண பணிகளுக்கு

பயன்படுவது

IS: 2984 – 1966 என்ற இந்திய செந்தரம், நழுவுக் கடிகைகளின் துல்லியம், வகைப்பாடு பற்றி விவரிக்கிறது.

நழுவுக் கடிகைகளின் தரப்பாடு

நழுவுக் கடிகை அளவு		பொறுதி : 1 அலகு = 0.01 மைக்ரோமீட்டர்												
அளவுக்கு மேல் மி.மீ	அளவு வரை மி.மீ	அளவீடு தரம்				தரம் - 0			தரம் - I			தரம் - II		
		F	P	அளவீடு தரம்	00 -தரம்	F	P	L	F	P	L	F	P	L
-	20	5	5	± 25	± 5	10	10	± 10	15	20	+20 -15	25	35	+50 -25
20	60	5	8	± 25	± 8	10	10	± 15	15	20	+30 -20	25	35	+80 -50
60	80	5	10	± 50	± 12	10	15	± 20	15	25	+50 -25	25	35	+120 -75
80	100	5	10	± 50	± 15	10	15	± 25	15	25	+60 -30	25	35	+140 -100
F = Flatness (தட்டம்) P = Parallelism (இணைதன்மை) L = Length (நீளம்)														

4.7.2 நழுவுக் கடிகைகளைத் தேர்ந்தெடுத்தல்

பயன்பாட்டுக்குத் தகுந்தாற்போல், தேவையான அளவுக்கு நழுவுக் கடிகைகளைத் தேர்ந்தெடுத்து, ஒன்றிணைத்துப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 38.657 மி.மீ என்ற அளவுள்ள நழுவுக் கடிகை தொகுதியை எப்படி தேர்ந்தெடுப்பது:

1. முதலில் கடைசி பதின்ம (தசம) எண்ணுக்குத் தேவையான நழுவுக் கடிகையைத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும்.

அது 1.007 மி.மீ.

இப்பொழுது தேவையான அளவு

38.657 – 1.007 $\overline{37.650}$

1. இப்பொழுது தேவையான 2-வது பதின்ம (தசம) அளவு = 0.05

இதற்கு ஏற்ற அளவு = 1.25 மி.மீ.

மீதி தேவை = 37.65

– 1.25

36.40

1. இப்பொழுது தேவையான முதல் பதின்ம (தசம) அளவு = 0.4

இதற்கு ஏற்ற அளவு = 1.4 மி.மீ

மீதி தேவை = 36.40

– 1.40 35.00

1. இப்பொழுது தேவை 35 மி.மீ அளவு.

இதற்குரிய நழுவுக்கடிகை 30 மி.மீ மற்றும் 5 மி.மீ. ஆகும்.

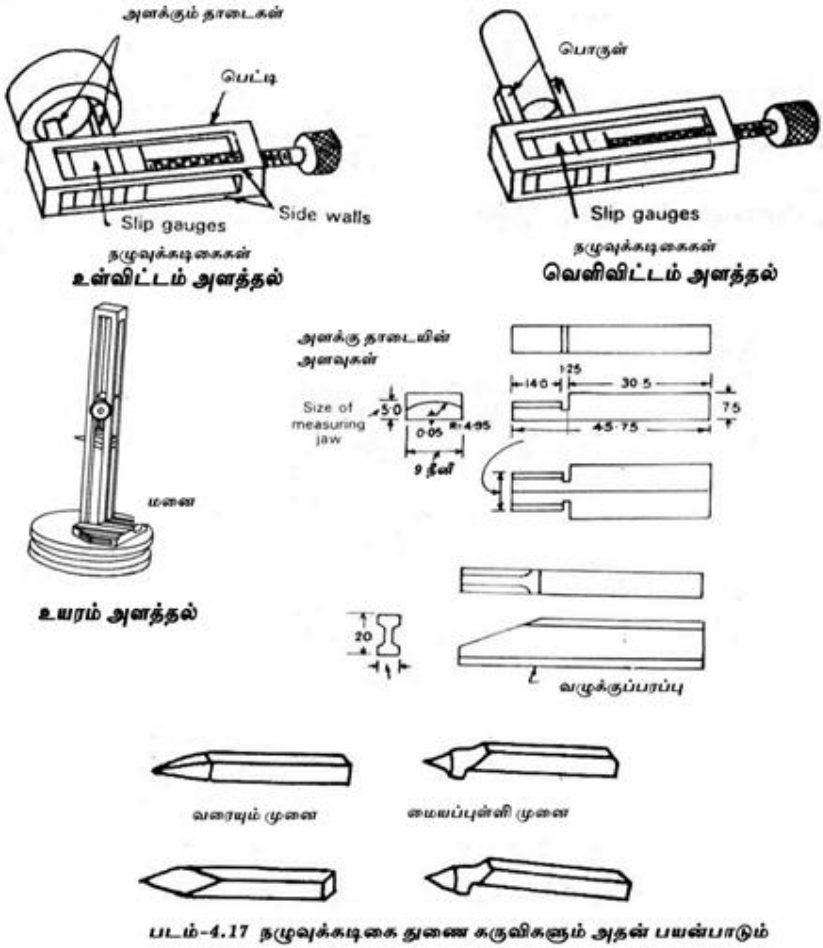
30 + 5 = 35.00 மி.மீ

இந்த நழுவுகளின் மொத்த அளவு

$30 + 5 + 1.4 + 1.25 + 1.007 = 38.657$ மி.மீ

நழுவுக் கடிகளின் அளக்கும் பரப்பை கீரல் போன்றவை ஏற்படாமல் பாதுகாத்து, துரு ஏற்படாமல் சுத்தமாக வைத்திருக்க வேண்டும்.
பயன்படுத்தும்போது, பரப்புகளை எண்ணெய் பிசுக்கு, அழுக்கு இல்லாமல் சுத்தப்படுத்தி பயன்படுத்த வேண்டும்.

நழுவுக் கடிகைகளை நேரடியாகவும், அளவுகள் எடுக்கப் பயன்படுத்தலாம். இதற்குத் தேவையான துணை கருவிகள் (Slip gange Accessories) உள்ளன. அவற்றைப் பயன்படுத்தி, நீள அகல உயர விட்டங்களை அளக்கலாம். சைன் சட்டங்களைப் பயன்படுத்தி, கோணத்தை அளக்கலாம்.



படம்-4.17 நழுவுக்கடிகை துணை கருவிகளும் அதன் பயன்பாடும்

4.8 நீளக் கடிகைகள் **(Length bars)**

துல்லியமான அளவுகளுக்கும் அளவீடுகள் செய்வதற்கும் நழுவுக் கடிகைகள் பயன்படுகின்றன என்பதைக் கண்டோம். ஆனால் ஓரளவுக்கு மேல்பட்ட நீள அளவுகளுக்கு இவற்றைப் பயன்படுத்த இயலாது.

அத்தகைய நேரங்களில் பயன்படுத்த ஏதுவாக உருவாக்கப்பட்டவைதான் நீளக்கடிகைகள். இவற்றை நீளக்கோல்கள் என்றும் அழைக்கலாம்.

இவை 25 மி.மீ நீளத்திலிருந்து 600 மி.மீ நீளம் வரை கிடைக்கும். உருளை வடிவத்தில் 22 மி.மீ விட்டத்தில் இவை கலப்பு எஃகினால் செய்யப்பட்டவை. இவையும் அளவீடு தரம் (Calibration grade) சோதனைத்தரம் (Inspectoion grade) பணிமனைத் தரம் (Worshop grade) என்று பலதரங்களில் கிடைக்கின்றன.

25 மி.மீ. நீளக் கடிகையைத் தவிர, மற்ற கடிகைகளின் முனைகளில், ஒருபக்கம் மரையுடன் துளைகள் இருக்கும். மற்றொரு பக்கம் திருகாணி இருக்கும். இவற்றைக்கொண்டு ஒன்றோடு ஒன்றை திருகி தேவையான அளவுகளுக்கு இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

பொதுவாக, தொழிற்சாலைகளில் உருவாக்கப்படும் 80 விழுக்காடு, பொருள்கள் 50 மி.மீ அளவிலிலேயே இருக்கும். எனவே, நீளக்கடிகைகள் அரிதாகவே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

படம்-4.18 நீளக் கடிகைகள்

குறு வினாக்கள்

1. நேரியல் அளவிடும் கருவிகள் யாவை?
2. வெர்னியர் அளவுகோலின் அடிப்படை என்ன?
3. நுண்ணளவியில் உள்ள நழுவுத் திருகின் பயன் என்ன?
4. நுண்ணளவியின் நன்மைகள் என்ன?
5. சுட்டு நுண்ணளவியின் பயன் என்ன?
6. உட்புற நுண்ணளவிகள் யாவை?
7. வெர்னியர் உயரமானியின் பயன் என்ன?
8. முகப்புமானியின் பயன் என்ன?
9. நழுவுக் கடிகைகள் எதற்கு பயன்படுகின்றன?
10. நழுவுக் கடிகைகளை தேர்ந்தெடுப்பது எப்படி?
11. நீளக் கடிகைகள் என்றால் என்ன?

நெடு வினாக்கள்

1. வெர்னியர் அளவுகோலின் கட்டுமானத்தை படம் வரைந்து விளக்கவும். அதன் நிறை, குறைகள் என்ன? அதன் பயன்கள் யாவை?
2. நுண்ணளவி செயல்படும் முறையை படம்

வரைந்து விளக்குக. அதன் நிறை குறைகள் என்ன? அதன் பயன்பாடுகள் என்ன?

3. முகப்புமானியின் செயல்பாட்டை விளக்குக. அதன் வகைகள் என்ன? அவற்றின் பயன்களை விளக்கி, அதன் நிறை குறைகளை எடுத்துக்காட்டுக.
4. நழுவுக் கடிகையின் பயன்களை உரிய படங்களுடன் விளக்குக. 66.435 மி.மீ. அளவுக்கு சேர்க்கப் பயன்படும் நழுவுக் கடிகைகள் என்ன?
5. நழுவுக் கடிகை துணை கருவிகள் எதற்குப் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

5

ஒப்பளவிகள்

பாடம் **-5**

ஒப்பளவிகள்

(COMPARATORS)

5.1 ஒப்பளவி என்றால் என்ன**?**

ஒரு பொருளின் நீளம் எவ்வளவு, அகலம் எவ்வளவு, கோணம் எவ்வளவு என்று தெரிந்துகொள்ள வெர்னியர் அளவி, நுண்ணளவி, கோணமானி போன்ற கருவிகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஆனால் தொழிற்கூடங்களில் நீளம் எவ்வளவு இருக்கிறது என்பதை விட, அது இருக்க வேண்டிய நீளத்திலிருந்து எவ்வளவு குறைந்திருக்கிறது அல்லது அதிகமாக இருக்கிறது என்பதைத் தெரிந்து கொள்வதே தேவையான இன்றியமையாத ஒன்றாக இருக்கும். அத்தகைய நேரங்களில் மொத்த நீளத்தையும் அளந்து கொண்டிருப்பதை விட, இந்த வேறுபாட்டை அளப்பதே வேகமான, எளிய, சிறந்த முறையாகும்.

ஒரு பொருளின் அளவில் ஏற்படும் வேறுபாடுகள் மிக மிகக் குறைவாக மைக்ரான் அளவுகளில் இருக்கும். இந்த மைக்ரான் அளவுகளைச் சாதாரண அளக்கும் கருவிகளைக் கொண்டு அளப்பது முடியாது. ஏனென்றால் அவற்றின் நுட்பம் குறைவாக இருக்கும். அவற்றின் நுட்பத்தை மேம்படுத்தவும் முடியாது.

எடுத்துக்காட்டாக ஒரு வெர்னியர் அளவியின் நுட்பம் 0.02 மி.மீ, ஒரு நுண்ணளவியின் நுட்பம் 0.01 மி.மீ இவற்றைக் கொண்டு 0.001 மி.மீ வேறுபாட்டை அளக்கமுடியாது.

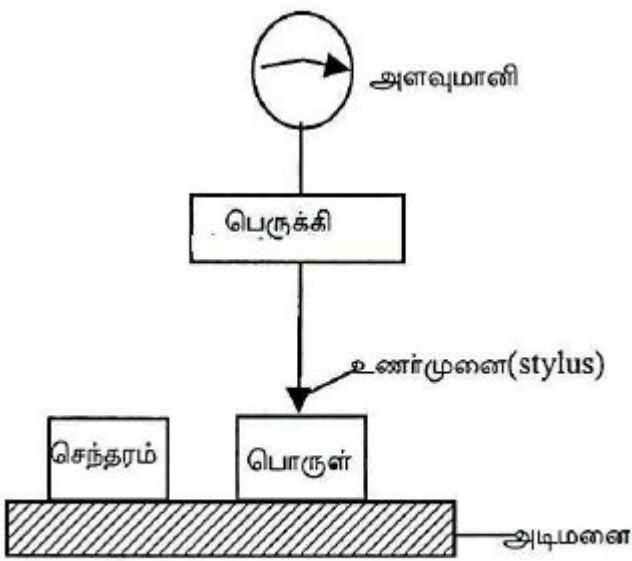
ஒரு கருவியின் மொத்த அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, அதன் நுட்பம் குறைந்து கொண்டே வரும். நுட்பத்தை

அதிகரிக்க அதிகரிக்க மொத்த அளவு குறைந்து விடும். ஆகவே, நுட்பமான பொருட்களை சாதாரண கருவிகளால் அளக்க முடியாது. அதேபோல் நுட்பமான கருவிகளால் அளவுகள் அதிகமுள்ள பொருட்களை அளக்க முடியாது.

இத்தகைய இக்கட்டிலிருந்த விடுபட உருவாக்கப்பட்ட கருவிதான் ஒப்பளவி என்பது. ஒரு செந்தரத்தோடு பொருளை ஒப்பிட்டு, வேறுபாட்டைக் காட்டுவதால் இதனை ஒப்பளவி (Comparator) என்கிறோம்.

5.2 ஒப்பளவியின் கூறுகள்:

ஒரு ஒப்பளவி என்பது அடிமனை (Table), உணர் முனை (Stylus), உணரும் முனையின் மிகக் குறைந்த சைகையை, அதிகமாக பெருக்கவல்ல பெருக்கி (Amplifier), அளவைக் காட்டும் மானி (Meter) என்ற ஒருங்கிணைந்த பாகங்களையும், ஒரு செந்தரத்தையும் கொண்டது ஆகும். (படம் – 5.1)



படம்- 5.1 ஒப்பளவியின் கூறுகள்

அடிமனையின் மேல் செந்தரத்தை இறுக்கமாகப் பொருத்தி அதன் மேல் பகுதியை உணர்முனை தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறுவைத்து அளவுமானியில் 0-அளவு இருக்குமாறு சரிசெய்ய வேண்டும். பிறகு செந்தரத்தை எடுத்துவிட்டு அந்த இடத்தில் அளக்கவேண்டிய பொருளை வைத்தால், செந்தரத்தின் அளவிலிருந்து பொருள் எவ்வளவு மாறுபட்டு இருக்கிறது என்பதைக் காட்டிவிடும்.

பொருளின் அளவு சற்றுக் குறைந்திருக்கிறது என்று வைத்துக் கொண்டால், உணர்முனை சற்று கீழே இறங்கும், உணர்முனையின் இந்த மிகச் சிறிய கண்ணுக்குப் புலப்படாத அசைவை பெருக்கிக் காட்ட பெருக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

பெருக்கிகள் எப்படி செயல்படுகின்றன என்ற தன்மையை வைத்து ஒப்பளவிகள் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவை,

1. எந்திரவியல் ஒப்பளவிகள்: நெம்புகோல், பற்சக்கரம் போன்ற எந்திரவியல் அடிப்படைகள் அளவு பெருக்கத்திற்கு இங்கு பயன்படுகின்றன.
2. ஒளியில் ஒப்பளவிகள்: ஒளியியல் கோட்பாடுகள் இங்கு பயன்படுகின்றன.
3. ஒளியியல் – எந்திரவியல் ஒப்பளவிகள்: ஒளியியல் கோட்பாடுகளால் ஒரு பகுதியும் எந்திரவியல் கோட்பாடுகளால் ஒரு பகுதியும் பெருக்கப்படும்.
4. மின்னியல்/மின்னணுவியல் ஒப்பளவிகள்: மின்னியல் மற்றும் மின்னணுவியல் கோட்பாடுகளைக் கொண்டு அளவுகள் பெருக்கப்படுகின்றன.
5. வளியியல் ஒப்பளவிகள்: அழுத்தப்பட்ட காற்றின் இயக்கத்தால் மாறும் அழுத்தத்தை அல்லது அதன் ஓட்டத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகிறது.
6. நீரியல் ஒப்பளவிகள் : நீரின் இயக்கத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகிறது.

இனி இந்த ஒப்பளவிகளின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகளையும், செயல்பாட்டையும் காண்போம்.

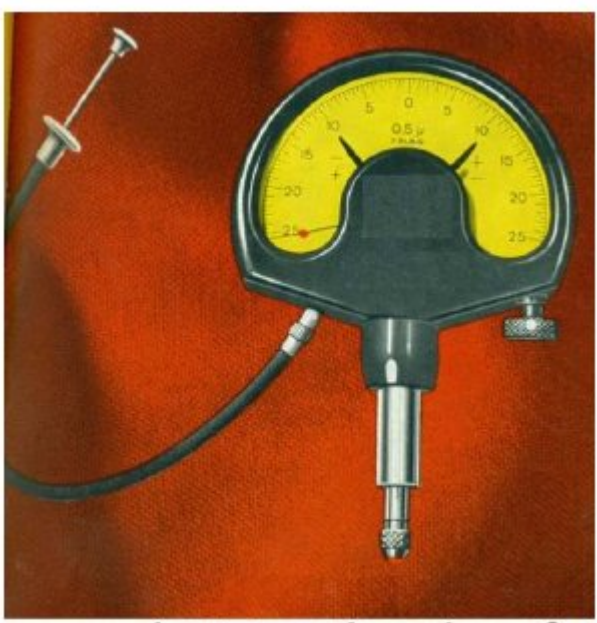
5.3 எந்திரவியல் ஒப்பளவிகள் **(Mechanical comparator)**

எந்திரவியல் ஒப்பளவிகளைக் கீழ்கண்டுள்ளவாறு பிரிக்கலாம்.

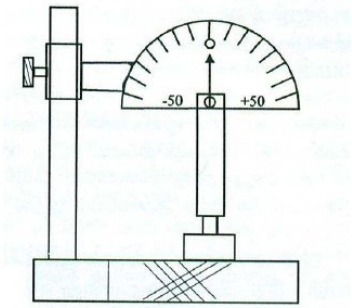
1. முகப்பு ஒப்பளவி (Dial comparator)
2. ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர் ஒப்பளவி (Johansson microkator comparator)
3. ரீட் வகை எந்திர ஒப்பளவி (Reed type comparator)
4. சிக்மா எந்திர ஒப்பளவி (Sigma mechanical comparator)

5.3.1 முகப்பு ஒப்பளவி

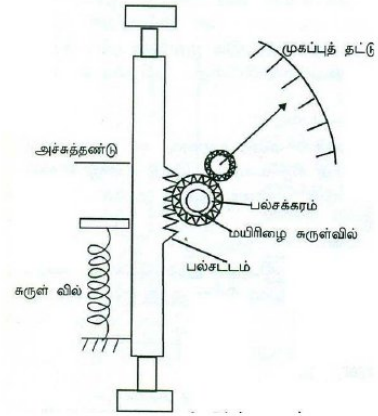
முகப்பு ஒப்பளவி என்பது முகப்பு மானிகளின் இயக்கத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. ஆனால் அதைவிட மிகவும் துல்லியமானது, நுட்பமானது,



படம் - 5.2 முகப்பு ஒப்பளவி



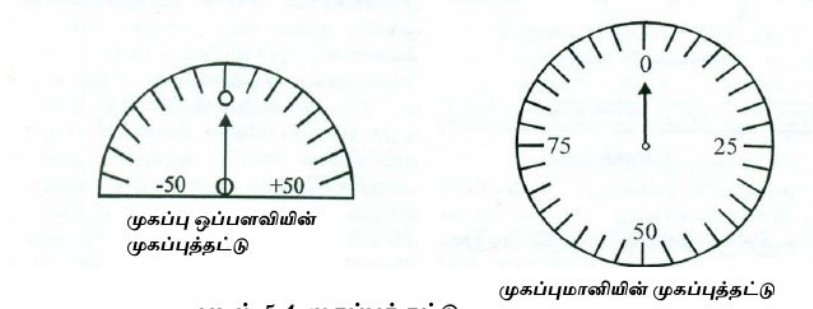
படம்-5.3.1. முகப்பு ஒப்பளவி (Dial Comparator)



படம்-5.3.2. முகப்புமானி (Dial gauge)

ஒரு முகப்பு மானியில் உள்ளதைப் போலவே ஒரு பல்சட்டத்துடன் கூடிய அச்சுத் தண்டு இருக்கும், இந்த பல்சட்டத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள பல்சக்கரக் கோவை (Gear train) அச்சுத்தண்டு மேலும் கீழும் நகரும்போது, சுற்றும். அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள முள் முகப்புமானியில் நகர்ந்து அளவு காட்டும்.

முகப்புமானியின் மொத்த அளவின் வீச்சு 5 முதல் 25 மி.மீ வரை இருக்கும். ஆனால், ஒப்பளவியின் மொத்த வீச்சு $\pm$ 50 மைக்ரான்கள் மட்டுமே.



படம்-5.4 முகப்புத் தட்டு

ஆகவே, முகப்பு ஒப்பளவியில் உள்ள முகப்புத் தட்டு இடதுபக்கம் -50 மைக்ரான் அளவும், வலது பக்கம் +50

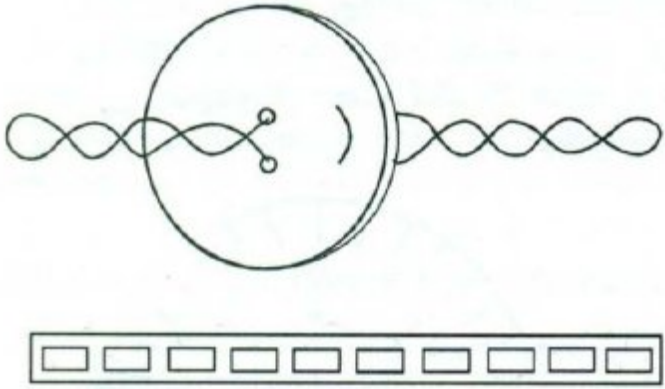
மைக்ரான் அளவும் நடுவில் 0-அளவும் கொண்டதாக அமைந்திருக்கும்.

பொதுவாக, முகப்பு ஒப்பளவியின் நுட்பம் 0.001 மி.மீ ஆகும். இந்த அளவு நுட்பமான கருவியை உருவாக்குவதற்கு அதில் உள்ள அனைத்து உறுப்புகளும் துல்லியமாக இருக்கவேண்டியது மிகவும் அவசியமாகும். மேலும் பற்சக்கரங்களின் இயக்கத்தின்போது, அதன் சுற்றும் திசை மாறும்போது பின்னோட்டம் (Backlash) ஏற்படும். இதனைத் தடுப்பதற்காக பற்சக்கரக் கோவையோடு ஒரு மெல்லிய மயிரிழை விற்சுருள் (Hair spring) இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

அளக்கும் முள் முகப்புமானியின் அளவை சரியாக 0-என்ற அளவுக்கு சரிசெய்வதற்காக, முகப்புமானியின் முகப்புத் தட்டை சற்றே சுற்றுவதற்கான சிறு மரையும், இதில் உண்டு. மேலும் பொருளை/ செந்தரத்தை மனையின்மேல் வைப்பதற்கு முன்னர் அச்சுத் தண்டை மேலே உயர்த்துவதற்கான ஏற்ற அமைப்பும் இதில் உண்டு.

பணிமனைகளில், மைக்ரான் அளவுக்கு பொருட்களை சரிபார்க்க இந்த ஒப்பளவி பெரிதும் பயன்படும், இது விலை குறைவானது; எளிதில் கிடைப்பது; பயன்படுத்துவதற்கு எளிமையானது, ஆனால் நுட்பம் ஒரு மைக்ரான் அளவுதான் இருக்கும்.

5.3.2 ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர் ஒப்பளவி

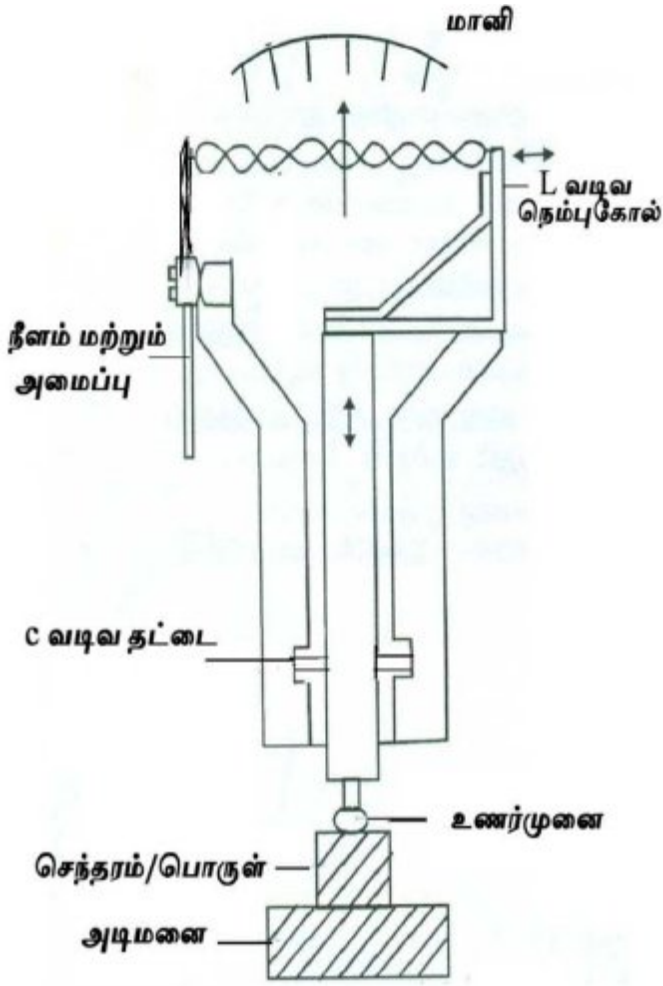


உலோகத் தகடு

முறுக்கப்பட்ட தகடு

படம்-5.5
ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர்
ஒப்பளவியின் அடிப்படை

ஜோகன்சன் என்ற நிறுவனம் முதலில் இதை வடிவமைத்து உருவாக்கியதால் இப்பெயர் பெற்றது. இதன் அடிப்படை நாம் அனைவருக்கும் தெரிந்த ஒன்றுதான்.



படம்-5.6 ஜோகன்சன் ஒப்பளவி

ஒரு வட்டமான சிதறியதட்டின் நடுவில் இரண்டு துளைகளைப் போட்டு அவற்றில் இரண்டு நூலைச் செலுத்தி இரண்டு முனைகளையும் கையில் பிடித்துக்கொண்டு, முதலில் நூலை சற்று முறுக்கிக் கொள்ள வேண்டும். அதன் பிறகு நூலை சற்று வெளிப்புறமாக இழுத்தால் நூல் பிரிந்து தட்டு ஒரு திசையில் சுற்றும். இப்பொழுது நூலைச் சற்றுத் தளர்த்திப் பிடித்துக் கொண்டால் தட்டின் சுழற்சியினால் ஏற்படும் உந்தத்தால் நூலின்

எதிர்த்திசையில் ஒரு முறுக்கத்தை எற்படுத்தும். மீண்டும் வெளிப்புறமாக இழுத்தால், சக்கரம் எதிர்திசையில் சுற்றும். இப்படியே தொடர்ந்து செய்துகொண்டிருந்தால் சக்கரம் மாறிமாறி சுற்றும்.

சிறுவர்களாக இருந்தபோது நீங்கள் இதைச் செய்து பார்த்திருப்பீர்கள். இதன் அடிப்படையில் ஒரு சிறிய மெல்லிய உலோகத்திலான நீண்ட தகட்டைக் கொண்டு செய்யப்பட்டதுதான் இந்த மைக்ரோகேட்டர் ஒப்பளவி ஆகும். இந்த உலோகத் தகட்டை சற்று முறுக்கிய பிறகு சற்று வெளிநோக்கி இழுத்தால் முறுக்கிய தகடு பிரிய முற்பட்டு ஒரு சுழற்சியை ஏற்படுத்தும். தகட்டின் நடுவில் ஒரு முள்ளைப் பொருத்தினால் அந்த முள் சுற்றும். முறுக்கியத் தகட்டை இரண்டு சட்டங்களுக்கு நடுவில் ஒருபக்கம் நிலையாகவும், மற்றொரு பக்கம் ஒரு L வடிவ நெம்புகோலோடும் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். நெம்புகோலோடு அச்சுத் தண்டு சற்று மேலே நோக்கி அசைத்தால் அது நெம்புகோலை வெளிப்பக்கமாக தள்ளும். ஆகவே முறுக்கப்பட்டுள்ள தகடு வெளிப்பக்கமாக இழுக்கப்டுவதால், முறுக்கம் பிரிந்து முள்ளைச் சுற்றும். இதேபோல் அச்சுத் தண்டு கீழ்நோக்கி நகர்ந்தால், முள் எதிர்த்திசையில் சுற்றும். முள் சுற்றும் தளத்தில் ஒரு அளக்கும் முகப்புத்தட்டு வைக்கப்பட்டிருப்பதால், அச்சுத் தண்டு எவ்வளவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதைத் துல்லியமாக அளந்து விடலாம்.

இந்தக்கருவியின் பெருக்கம் (Magnification) =

$$\frac{dR \times L}{dL \times W^2 \times N}$$

L முறுக்கிய உலோகத்தகட்டின் நீளம்

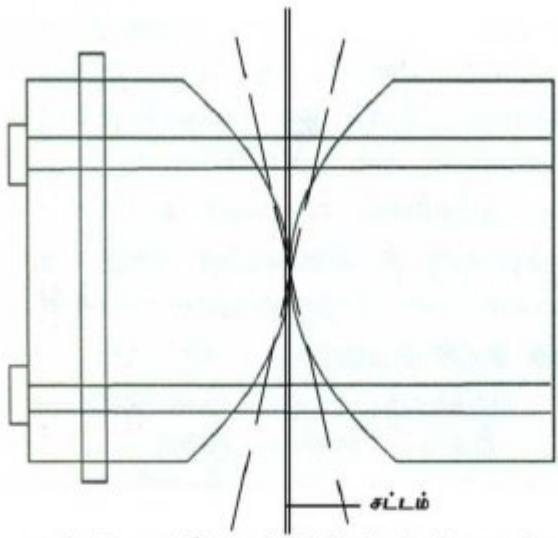
W உலோகத் தகட்டின் அகலம்

N மொத்த முறுக்கு எண்ணிக்கை

R அளவு காட்டும் முள்ளின் சுழற்சி

இந்தச் சமன்பாட்டிலிருந்து, பெருக்கத்தை அதிகரிக்க வேண்டுமானால் முறுக்கிய தகட்டின் நீளத்தை மாற்ற

வேண்டும். இதற்கு ஏற்ப இடது புறத்தில் உள்ள சட்டத்தின் நீளத்தை மாற்றுவதற்கு வசதி செய்யப்பட்டுள்ளது. மேலும் சட்டத்தின் நீளத்தை மாற்றாமல் சற்றே பெருக்கத்தை சரி செய்யவும் முடியும்.



படம்-5.7 முறுக்கிய தகட்டின் நீளம் மற்றும் அமைப்பு

பெருக்கம் சரி செய்யும் இந்த அமைப்பு இரண்டு அரைவட்ட உருளைகளால் ஆனது. இவை இரண்டு திருகாணிகளால் இணைக்கப் பட்டிருக்கும்.

மேலிருக்கும் திருகு மரையை சற்றே வெளிப்புறமாக தளர்த்திவிட்டு, கீழே இருக்கும் மரையை உட்புறமாக முடுக்கினால், சட்டம் இடது புறமாக சாயும், அப்பொழுது உலோகத்தகட்டின் நீளம் அதிகரிக்கும்.

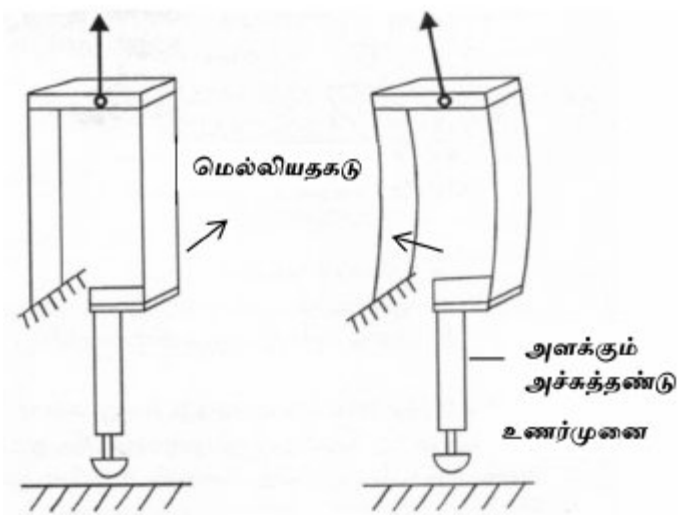
இதற்குமாறாக கீழிருக்கும் மரையை தளர்த்திவிட்டு, மேலிருக்கும் மரையை முடுக்கினால் சட்டம் வலப்புறமாக சாயும், அதனால் நீளம் குறையும்.

ஒரு மைக்ரான் அளவுக்கு துல்லியமும், ± 10 மைக்ரான் அளவு வீச்சும் (Range) கொண்ட இந்த ஒப்பளவி மிகவும் நுட்பமானது. மிகவும்

எச்சரிக்கையுடன் கையாளப்பட வேண்டியது. ஏனென்றால், அதில் உள்ள உலோகத் தகடு 25 மைக்ரான்கள் அகலமும் 5 மைக்ரான்கள் கனமும் கொண்டது. இந்த தகட்டை வெறும் கண்களால் பார்ப்பதே கடினமானது. (ஒரு தலைமுடியின் கனமே 50 மைக்ரான்கள்) இந்த மெல்லிய தகடு சற்று அதிக அழுத்தம் கொடுத்தாலும் உடைந்துவிடும். அதன்பிறகு அதை பழுதுபார்ப்பதும் எளிதான செயலல்ல.

ஆகவே, பணிமனைகளில் பயன்படுத்துவதற்குப் பதிலாக, ஆய்வுக் கூடங்களில் பயன்படுத்துவதற்கு ஏற்ற கருவி இதுவாகும்.

5.3.3 மென்தகட்டு ஒப்பளவி **(Reed type comparator)**



படம்-5.8
மென்தகட்டு ஒப்பளவியின் அடிப்படை

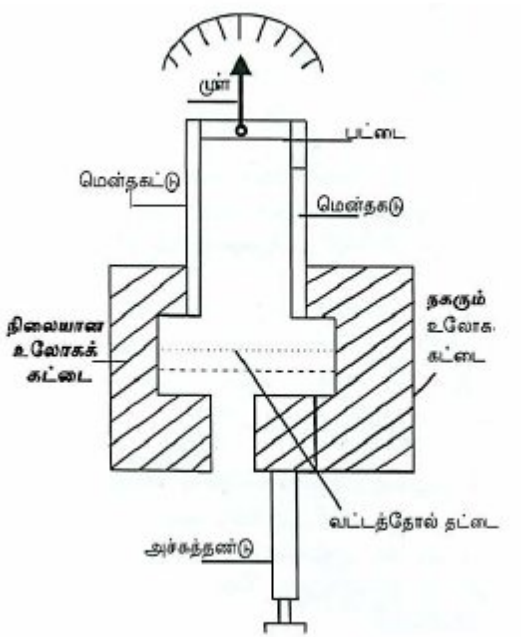
இரண்டு மெல்லிய செவ்வகத் தகடுகளை ஒரு பட்டையால் மேற்புறத்தில் இணைத்துவிட்டு, இடதுபுறத் தகட்டை அசையாமல் பிடித்துக் கொண்டு, வலதுபுறத் தகட்டை சற்று மேலே நோக்கி அழுத்தினால், இரண்டு தகடுகளும் இடப்புறமாக வளைந்து கொள்ளும். எனவே, மேற்புறப் பட்டையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள

முள் இடப்புறமாக சுற்றும்.

இதேபோல் வலப்புறத் தட்டைக் கீழே இழுத்தால், முள் வலப்புறமாக நகரும். இதன் அடிப்படையில் உருவானதுதான் மென்தகட்டு வகை ஒப்பளவி ஆகும்.

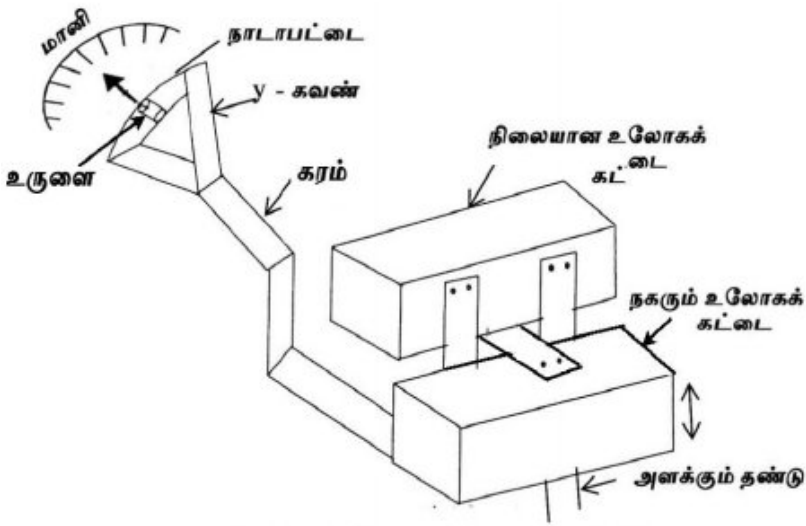
இதன் அமைப்புமுறை படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு உலோகக் கட்டைகள் மென் தகடுகளோடு இணைக்கப் பட்டிருக்கும். இடது கட்டை நிலையாக இருக்கும். வலது கட்டையோடு அச்சுத் தண்டு இணைக்கப்பட்டு மேலும் கீழும் நகரும் வகையில் இருக்கும். இரண்டு கட்டைகளையும், இரண்டு தோலினால் ஆன தட்டைகள் இணைத்திருக்கும்.

இந்த அமைப்பில் உராய்வதற்கான இடமே இல்லை என்பதே இதன் நன்மையாகும். இதனுடைய பெருக்கம் பொதுவாக 100 மடங்காக இருக்கும்.



படம்-5.9 மென்தகடு ஒப்பளவி

5.3.4 சிக்மா எந்திர ஒப்பளவி (Sigma Mechanical comparator)



படம்-5.10.1 சிக்மா எந்திர ஒப்பளவியின் அடிப்படை

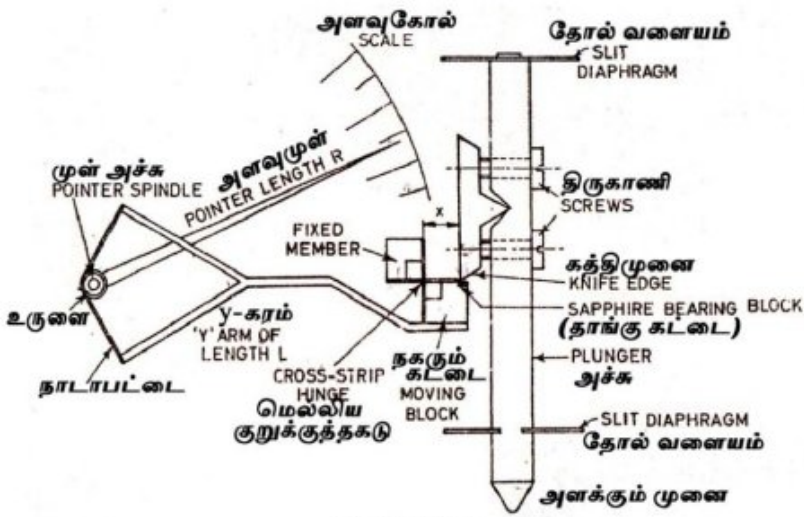
சிக்மா எந்திர ஒப்பளவி என்பதும் ஒரு உராய்வு இல்லாத மென்தகடுகளின் இயக்கத்தாலான ஒரு கருவியாகும்.

இதில் இரண்டு இரும்புக் கட்டைகளை நெட்டையாக இரண்டு மென்தகடுகளும், கிடையாக ஒரு மென்தகடும் இணைத்திருக்கும். மேல்பக்கமுள்ள கட்டையை நகராமல் நிலையாக இருக்குமாறு பிடித்துக் கொண்டு, கீழிருக்கும் கட்டையின் மேல் அழுத்தினால் அது கீழ்நோக்கி இடதுபுறமாக சாயும். இதேபோல் அதை மேல்நோக்கி அழுத்தினால் வலதுபுறமாக சாயும். இப்பொழுது இந்தக் கட்டையோடு ஒரு நீண்ட L-வடிவக் கரத்தை இணைத்துவிட்டால் அது, நகரும் கட்டையின் அசைவுக்கு ஏற்ப மேலும் கீழும் ஊசல் போல் ஆடும்.

L- வடிவக் கரத்தின் முனையில் ஒரு Y- வடிவ கவண் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். Y- கவணின் இரண்டு முனைகளை ஒரு நடாபட்டை (Belt) யால் இணைத்து விட்டு பட்டையின் நடுவில் ஒரு உருளையை

வைத்தால், y- கவண் மேலும் கீழும் நகரும்போது, உருளை சுற்றும், உருளையின் நடுவில் ஒரு அளவுகாட்டும் முள்ளை பொருத்திவிட்டால், நகரும் கட்டையின் அசைவை அது பலமடங்காகப் பெருக்கிக் காட்டும்.

நகரும் கட்டை ஒரு அச்சுத் தண்டோடு இணைக்கப் பட்டிருப்பதால், அச்சுத் தண்டு மேலும் கீழும் நகரும்போது, அது நகரும் கட்டையை நகர்த்தி, அளவு காட்டும் படம்-10.



படம்-5.10.2

சிக்மா எந்திர ஓப்பளவியின் சிறப்புகள்

1. அச்சுத் தண்டு ஒரு வட்டமான தோல் வளையத்தால் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் உராய்வு முழுமையாக நீக்கப்பட்டிருக்கிறது.
2. அச்சுத்தண்டின் மேல்பகுதியில் ஒரு நிலை காந்தமும், ஒரு காப்புத் தட்டும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதனால், அச்சுத் தண்டு மேல்நோக்கி நகரும்போது, தட்டுக்கும், லாட காந்தத்திற்கும் நடுவிலான இடைவெளி குறைவதால், தட்டின்மேல் செலுத்தப்படும்

காந்தவிசை அதிகமாகும். அதனால் அச்சுத் தண்டின் அடிமுனை பொருளின் மேல், செலுத்தும் அழுத்தம் மிகாமல் ஒரே அளவாகக் காக்கப்படும்.

3. நகரும் கட்டையின் மேல்பக்கம் செயற்கை வைரத்தால் ஆனதால், அதற்கும் அச்சுத் தண்டோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும் கூர்முனைக்கும் இடையிலான தேய்மானம் குறைக்கப்படுகிறது.
4. நாடாப் பட்டை பாஸ்பர் பிரான்சு (Phosphor Bronze) ஆனதால் உருளையை அது நழுவாமல் சுற்றும்.
5. உருளைக்குப் பின்னால் ஒரு நிலைகாந்தப் புலம் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளதால், உருளை சுற்றும்போது ஒரு தங்கு மின்னோட்டத்தை அதில் ஏற்படுத்தும். அதனால், முள் சரியாக நகர்ந்து அளவைக் காட்டிக் கொண்டு ஒரே இடத்தில் நிற்கும். மேலும், கீழும் அலையாது.
6. அளவுகாட்டும் முகப்புத் தட்டின் பின்னால் ஒரு கண்ணாடி பொருத்தப் பட்டிருக்கும். அதனால் முள் எந்த அளவைக் காட்டுகிறது என்பதைத் துல்லியமாக கண்டறியலாம். இணைகரப் பிழையைத் (Parallax error) தடுக்கலாம்.

இந்த ஒப்பளவியின் பெருக்கம் x 5000 மடங்கு ஆகும். ஒரு மைக்ரான் நுட்பத்தில், துல்லியமாக 100 மைக்ரான் அளவுக்கு அளக்க இக்கருவியால் முடியும். இக்கருவியில் உள்ள கத்திமுனை உலோகத்தின் மேல் நகர்வதால், அங்கு உராய்வும், தேய்மானமும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு என்பது இதன் குறையாகும்.

எந்திரவியல் ஒப்பளவிகள் நன்மைகள்

1. விலை குறைவானது
2. மின்சாரம் தேவைப்படாது.
3. அளவுகள் நேரியல் (Linear) தன்மை கொண்டிருக்கும்.
4. வலுவானது, அடக்கமானது.
5. எங்கும் எடுத்துச் செல்லத் தக்கது.

குறைகள்

1. இவற்றின் நுட்பம் ஒரு மைக்ரான் அல்லது அதற்கும் குறைவாகத்தானிருக்கும்.
2. நகரும் பகுதிகள் அதிகமிருப்பதால், அதனால் ஏற்படும் உறழ்மையினால் (Inertia) அளவுகள் பிழைபடும்.
3. அதிர்வுகளால் பாதிக்கப்படும்.
4. பின்னோட்டம், உறழ்மை போன்ற பிழைகளால் தவறுகள் ஏற்படும்.
5. அளக்கும் வீச்சு (Range) நிலையானது, மாற்ற முடியாது.
6. இணைகர பிழை (Parallax) ஏற்பட வாய்ப்புண்டு.

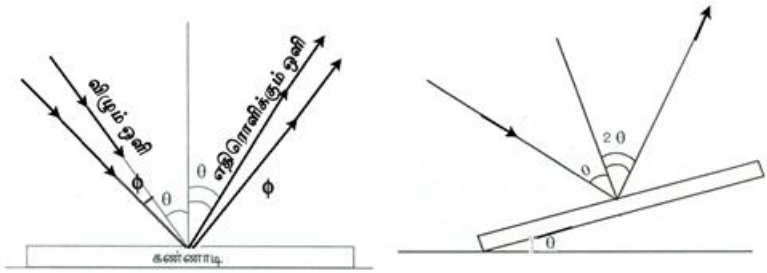
5.4 ஒளியியல் ஒப்பளவிகள் **(Optical comparator)**

முழுமையான ஒளியியல் என்பது திரைப்படப் பெட்டிதான். சிறிய படத்தை பெரிதுபடுத்தி திரையில் காட்டுவதைப் போல, சிறிய, பொருளை பெரிதுபடுத்தி, அதை ஒரு கண்ணாடித் திரையில் விழச் செய்து, அதைக் கொண்டு அளக்க முடியும். ஆனால் இது ஒப்பளவி என்ற வரையறைக்குள் வராது. ஏனென்றால் இதன் துல்லியமும், வீச்சும் மிகக் மிகக் குறைவானது, அளப்பதற்கும் கடினமானது.

ஆகவே, ஒளியியல் ஒப்பளவிகள் என்று இங்கு கூறப்படுபவை, உண்மையில் எந்திரவியல் பெருக்கத்தையும், ஒளியியல் பெருக்கத்தையும் இணைத்த எந்திர-ஒளியியல் (Mechanical-optical comparator) ஒப்பளவிகளையே குறிக்கும்.

5.4.1 ஒளியியல் அடிப்படை

ஒரு ஒளிக்கீற்று ஒரு கண்ணாடியின் மேல் வீழ்ந்தால், அது எதிரொளிக்கும் என்பதும், வீழ் கோணமும், எதிரொளிக்கும் கோணமும் சமமாக இருக்கும் என்பதும் நாம் அறிந்த ஒன்று.

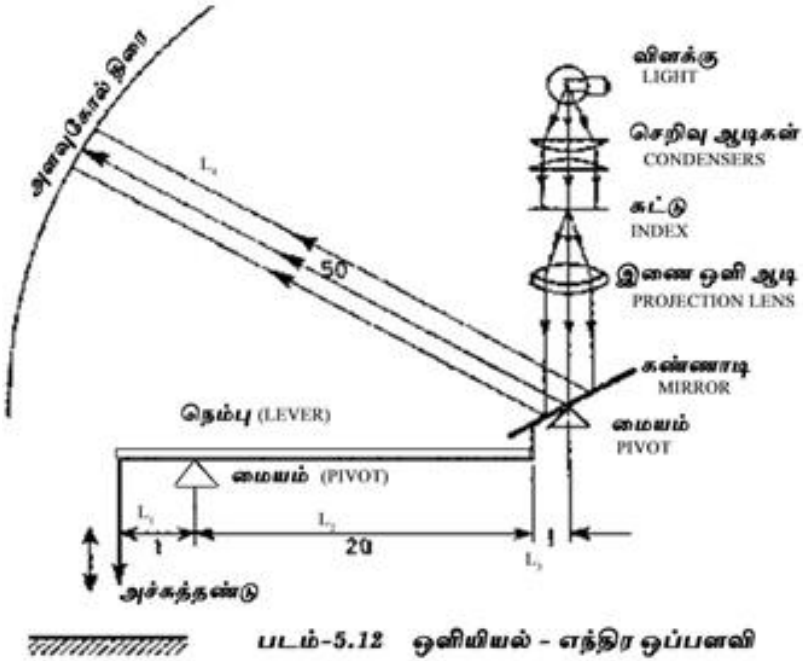


படம்-5.11 ஒளியியல் அடிப்படை

ஒளிக்கீற்றின் வீழ்கோணம் f கோணம் அதிகரித்ததால், அதே அளவு எதிரொளிக்கும் கோணமும் அதிகரிக்கும். ஆனால், வீழ் கோணத்தை மாற்றாமல், கண்ணாடியை θ கோணத்திற்கு சாய்த்தால், எதிரொளிக்கும் கோணம் இரண்டு மடங்காகும். அதாவது, கண்ணாடியைச் சாய்ப்பதின் மூலம் அதற்கு இரண்டு மடங்காக ஒளியை எதிரொளிக்கலாம். இதன் அடிப்படையில் அமைந்தது தான் ஒளியியல் பெருக்கம்.

இந்த அடிப்படையைப் பயன்படுத்திக் கொள்ள ஏற்ற வகையில் ஒளியியல் ஒப்பளவிகளின் எந்திரப்பகுதிகள் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன.

இதில் ஒரு அச்சுத் தண்டு நெம்புகோலோடு, அதன் ஒரு முனையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அதன் மறுமுனை ஒரு கண்ணாடியோடு படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கண்ணாடியின் நடுவில் உள்ள தாங்கு மையம் உள்ளது. அதனால் அச்சுத் தண்டு சற்று அசைந்தால், நெம்புகோலின் பெருக்கத்தால் அது கண்ணாடியை சாய்க்கும். அதனால் அதன் மேல் விழும் ஒளிக்கீற்று திரையின் மேல் நகர்ந்து அளவைக் காட்டும்.



படம்-5.12 ஒளியியல் - எந்திர ஒப்பளவி

இந்த ஒப்பளவியின் பெருக்கம் = எந்திர பெருக்கம் X ஒளியியல் பெருக்கம்

$$= \frac{x}{y}$$

எந்திர பெருக்கம் , x = அச்சுத் தண்டின் மையத்திற்கும், தாங்கு கத்தி முனைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம்

y = தாங்கு கத்தி முனைக்கும், நெம்புகோலின் முனைக்கும் உள்ள தூரம்.

ஒளியியல் பெருக்கம் $= \frac{r}{R} \times 2$

r = நெம்புகோலின் முனைக்கும் கண்ணாடியின் மைய முனைக்கும் உள்ள தூரம்

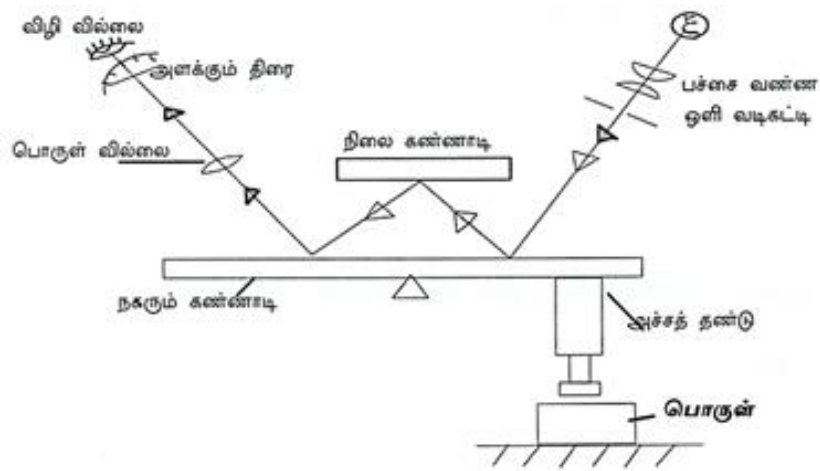
R = கண்ணாடியின் மையத்திற்கும், அளக்கும்

திரைக்கும் உள்ள தூரம்

இத்தகைய ஒளியியல் ஒப்பளவிகளின் துல்லியத்தை மேம்படுத்தும் வகையில் பல முன்னேற்றங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. ஜெய்ஸ் ஒளிமானி (Zeiss optimeter) என்பது அதில் ஒன்று.

5.4.2 ஜெய்ஸ் ஒளிமானி

எந்திரவியல் பெருக்கத்தை நீக்கிவிட்டு, நேரடியாக அச்சுத் தண்டு கண்ணாடியோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அதனால், வீழும் ஒளிக்கீற்று ஒரு முறைக்கு பதிலாக இரண்டு முறை எதிரொளிப்பதால் பெருக்கம் அதிகமாகிறது.



படம்-5.13 ஜெய்ஸ் ஒளிமானி

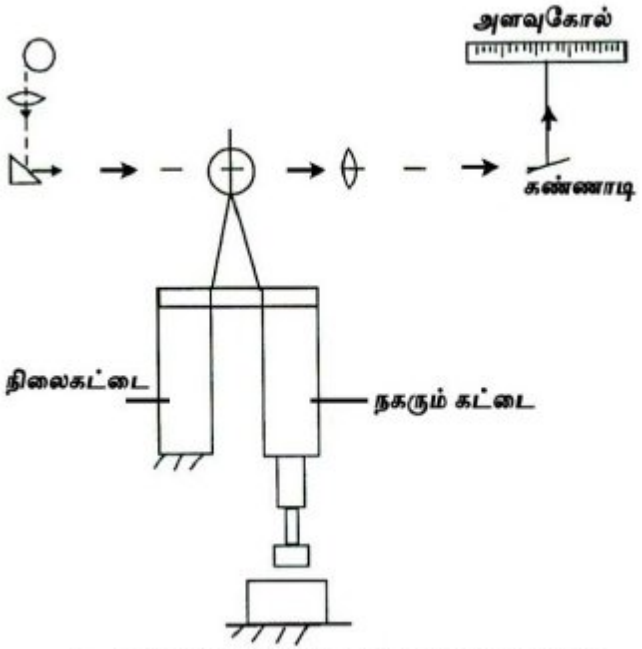
இங்கு ஒளிக்கீற்று முதலில் நகரும் கண்ணாடியில் விழுந்து, எதிரொளிக்கப்பட்டு நிலைக் கண்ணாடிக்கு சென்று, அங்கு மீண்டும் எதிரொளிக்கப்பட்டு, நகரும் கண்ணாடிக்கும் வருகிறது. அது அங்கு எதிரொளிக்கப்பட்டு, பொருள் வில்லை மூலமாக விழிவில்லையை அடைகிறது. அங்கு உள்ள அளவுகோலின் மூலம் ஒளிக்கீற்றின் நகர்வைத்

துல்லியமாக அளந்து விடலாம்.

இதைப் போன்ற சிறிய வேறுபாடுகளுடன் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ள ஒளியியல் ஒப்பளவிகள் பல உண்டு.

5.4.3. ஈடன்-ரோல்ட் நுண் ஒப்பளவி **(Edge-Rolt millionth comparator)**

ரீட் வகை எந்திர ஒப்பளவியின் செயல்பாட்டில் ஒளியியல் பெருக்கத்தையும் சேர்த்து நுட்பத்தை மேம்படுத்தி வடிவமைக்கப்பட்டது தான் ஈடன் ரோல்ட் நுண் ஒப்பளவி ஆகும்.



படம்-5.14 ஈடன் ரோல்ட் நுண் ஒப்பளவி

நிலை கட்டையுடனும், நகரும் கட்டையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ள மென் தகட்டுடன் அளக்கும் முள் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் நுனியில் ஒரு குறுக்குக் கம்பிகளுடன் கூடிய கண்ணாடித் தட்டு உள்ளது. நகரும் கட்டை அசையும்போது, மென்தகடுகள் வளைவதால் குறுக்குக் கம்பிகள் இடம் பெயரும். இந்த

இடப்பெயர்ச்சியை ஒளியியல் முறையில் பெருக்கி, அதன் நிழல் ஒரு அளவு கோலின் மேல் எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை அளந்து, பொருளில் உள்ள அளவு வேறுபாடுகளைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

ஒளியியல் ஒப்பளவிகளின் நன்மைகள்

1. இதில் நகரும் பகுதிகள் குறைவாக இருப்பதாலும், ஒளிக்கு எடை இல்லை என்பதாலும், துல்லியமானது.
2. இணைகரப் பிழை (parallax error) இல்லை
3. உயர்ந்த பெருக்கம்
4. அளவுகோல்கள் வெளிச்சமாக தெளிவாக இருக்கும்.

குறைகள்

1. விளக்கின் சூட்டால் அளவுகள் மாறுபட வாய்ப்புண்டு
2. மின்சாரம் தேவைப்படும்.
3. அளவில் பெரியவை, விலை அதிகம்
4. தொடர்ந்து பார்க்க வேண்டியிருப்பதால், கண்கள் சோர்வடையும்

5.5 மின்னியல் ஒப்பளவிகள் **(Electrical comparator)**

மின்னியல் ஒப்பளவிகள் வீட்சுடோன் பால மின்சுற்றை (Wheatstone bridge) அடிப்படையாகக் கொண்டு இயங்குவதாகும். ஒரு வீட்சுடோன் பால சுற்றில் நான்கு கரங்கள் இருக்கும்.

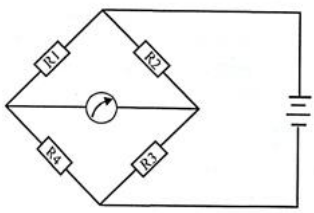
நான்கு மின்தடை (Resistance) அல்லது மின்தூண்டல் (Inductance) அளவுகளும்

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$$

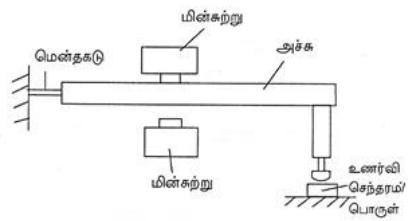
என்று சமன் செய்யப்பட்டிருந்தால், கால்வனோ

மானியில் மின்னோட்டம் இருக்காது. ஆனால் இந்தச் சமன்பாட்டை மாற்றும் வகையில் எந்த ஒரு கரத்தின் மின்தடையோ, மின்தூண்டலோ மாறினால், அந்த மாற்றத்துக்கு ஏற்ப மின்னோட்டம் இருக்கும்.

இப்பொழுது ஒரு மின் உணர்வியின் அச்சுக்கு மேலும் கீழும் உள்ள இரண்டு மின்சுற்றுகள் (coils) வீட்சுடோன் பால சுற்றின் இரண்டு கரங்களாகக் கொண்டால், இரண்டு சுற்றுகளுக்கும் இடையில் உள்ள அச்சு மேலும் கீழும் நகரும்போது, மின்சுற்றுகளில் மாற்றம் ஏற்படும். இந்த மின்னோட்டம் அச்சுத் தண்டின் நகர்வுக்கு ஏற்ப இருக்கும்.



படம்-14 வீட்சுடோன் பாலம்

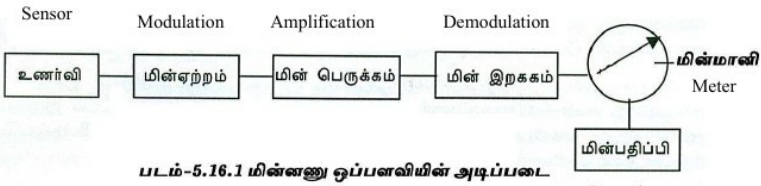


படம்-15 மின்னியல் ஒப்பளவி

இத்தகைய மின்னியல் ஒப்பளவிகளின் பெருக்கம் 50000 மடங்காக இருக்கும். அதனால் 0.001 மைக்ரான் அளவுக்கும் கூட இதனால் துல்லியமாக அளக்க முடியும். ஆனால் இந்த ஒப்பளவிகள் 10 மைக்ரான் மொத்த அளவுக்கு மட்டுமே அளக்கக் கூடியவை.

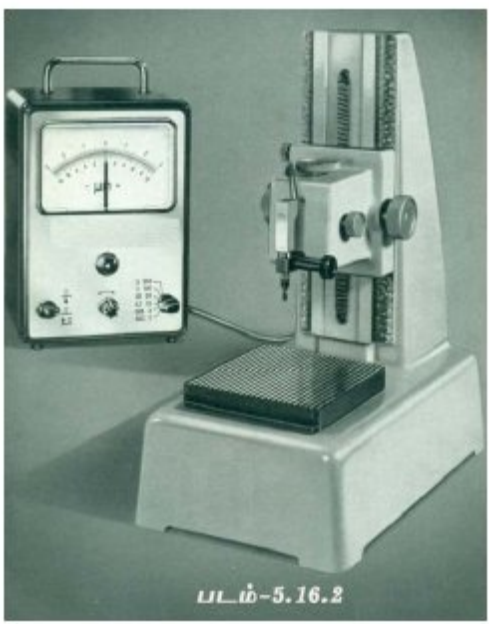
மின்னியல் ஒப்பளவிகள் இரண்டு வகைகளில் கிடைக்கிறது. முதல்வகை, ஒரே பெருக்கம் கொண்ட ஒப்பளவிகள். இரண்டாம் வகை ஒப்பளவிகளில் தேவைக்கேற்ப பெருக்கத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம்.

5.6 மின்னணு ஒப்பளவிகள் **(Electronic comparator)**



படம்-5.16.1 மின்னணு ஒப்பளவியின் அடிப்படை

இன்று உணர்விகளிலும் மின்னணுவியலிலும் ஏற்பட்டுள்ள முன்னேற்றங்களால் மிகத் துல்லியமாக அளக்கவல்ல மின்னணு ஒப்பளவிகள் வந்து விட்டன. இவற்றின் பெருக்கமும் மிக அதிகமாகும்.



படம்-5.16.2

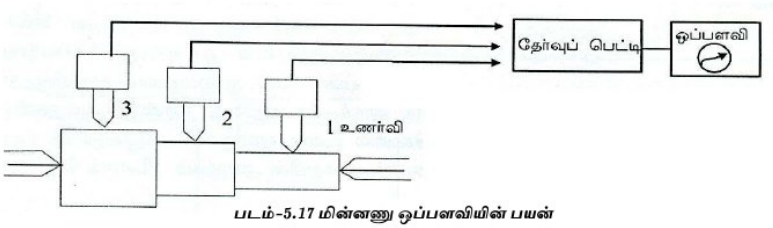
இவ்வகை மின்னணு ஒப்பளவிகளில் மின்சைகை மின்னேற்றம் (modulation) செய்யப்பட்டு பின் பலக்கட்டங்களில் படிப்படியாக பெருக்கம் உயர்த்தப்படுகிறது. பின்னர் மின்னிறக்கம் (Demodulation) செய்யப்பட்டு, மின்மானியில் அளவுகள் காட்டப்படுகின்றன. இதனை ஒரு மின்பதிப்பியில் (Recorder) செலுத்தியும் அறிந்துகொள்ளலாம்.

இவ்வகை ஒப்பளவிகளில் உணர்வி என்பது மிகச்

சிறிய அளவில் இருப்பதாலும், அது தனியாக ஒரு மின்கம்பி மூலம் பெருக்கும் அமைப்புடன் இணைக்கப் பட்டிருப்பதாலும், பல உணர்விகளை ஒரே பெருக்கும் அமைப்புடன் இணைக்க முடியும். அளக்க வேண்டிய பொருள் எவ்வளவு தொலைவில் இருந்தாலும், ஒரே நேரத்தில் பல அளவுகளைச் சரிபார்க்க முடியும்.

எடுத்துக்காட்டாக, மூன்று விட்டங்களைக் கொண்ட ஒரு பொருளை ஒரே நேரத்தில் சரிபார்க்கலாம்.

ஆகவே, ஒரு பொருள் உற்பத்தியாகும்போதே அதை அளந்து சரிபார்த்து கண்காணிக்க இத்தகைய ஒப்பளவிகள் பயன்படுகின்றன.



படம்-5.17 மின்னணு ஒப்பளவியின் பயன்

நன்மைகள் **:-**

1. உயர்ந்த பெருக்கம்
2. ஒரே நேரத்தில் பல அளவுகளை அளக்க முடியும்
3. மிகவும் நுட்பமானது (0.001 மைக்ரான்)
4. பயன்படுத்துவதற்கு எளிமையானது
5. கையடக்கமானது, சிறியது.
6. உணர்வியும், ஒப்பளவியும் பக்கத்தில் இருக்கத் தேவையில்லை. அதனால் தொலைதூர அளவுகளுக்கு ஏற்றது.

குறைகள் **:-**

1. மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னளவு வேறுபாடுகளும், அளவுகளைப் பாதிக்கும்.
2. மின்சுற்றுகளில் ஏற்படும் வெப்பத்தால் அளவுகள் தானாகவே மாறக்கூடும்.
3. தொலைதூர பயன்பாட்டின்போது, நீண்ட தூரம் சைகை (signal) பயணம் செய்வதால், அதன் திறன்

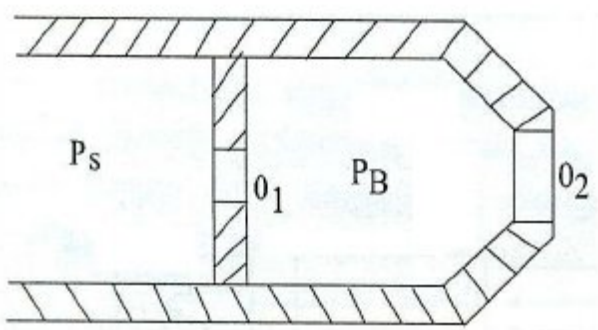
குறைய வாய்ப்புண்டு.
4. மற்றவகை ஒப்பளவிகளை விட விலை அதிகம்.
5. அளக்கும் வீச்சு மிகவும் குறைவு.

5.7 வளியியல் ஒப்பளவி **(Pneumatic comparator)**

அமுக்கப்பட்ட காற்று ஒரு நுண்துளை வழியாக செலுத்தப்படும்போது ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாடு அல்லது அதன் ஓட்டம் ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒப்பளவிகளை (1) பின்னழுத்த வகை வளியியல் ஒப்பளவிகள் (Back pressure pneumatic comparator) என்றும், (2) ஓட்டவேக வளியியல் ஒப்பளவிகள் (Flow velocity pneumatic comparator) என்றும் பிரிக்கலாம்.

5.7.1 பின்னழுத்த வகை ஒப்பளவி **(Back pressure type pneumatic comparator)**

படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போன்ற இரண்டு அறைகள் கொண்ட குழாயில், அறைகளைப் பிரிக்கும் தடுப்புச் சுவரில் ஒரு நுண் துளையும் (orifice) (01) வெளிச்சுவரில் ஒரு நுண்துளையும் (02) உள்ளது.



படம்-5.18 பின்னழுத்த ஒப்பளவி

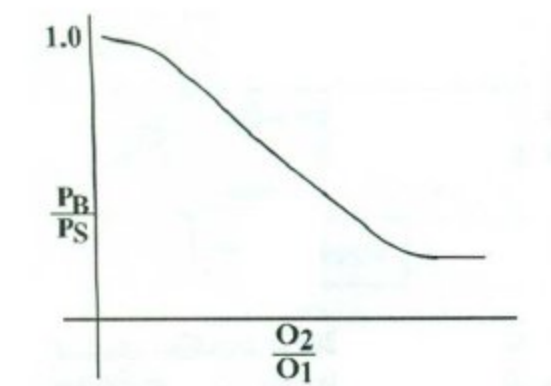
இப்பொழுது Ps என்ற அழுத்தத்தில் உள்ள காற்றை முதல் அறையில் செலுத்தினால், இரண்டாம் அறையின் அழுத்தம் எவ்வளவாக இருக்கும்? இரண்டாம் அறை முழுவதுமாக திறக்கப் பட்டிருந்தால், அழுத்தம் 0-

என்றே இருக்கும். ஏனென்றால் அழுத்தம் என்பது வெளிக்காற்றின் சூழலை ஒட்டி அளக்கப்படுவது. அப்படியில்லாமல் முழுவதுமாக மூடியிருந்தால், அதன் அழுத்தம் செலுத்தப்படும் அழுத்தமாக இருக்கும் அதாவது இரண்டு அறைகளிலும் ஒரே அழுத்தமே இருக்கும்? ஆனால் வெளிச்சுவரில் உள்ள நுண்துளை முழுவதுமாக திறந்து விடாமலும், முழுவதுமாக மூடிவிடாமலும் ஓரளவு திறந்திருந்தால் இரண்டாம் அறையின் அழுத்தம் P_B எனக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது வெளிப்புற நுண்துளையின் வாயை மெதுவாக மூடினால் P_B என்ற அழுத்தமும் அதிகரித்து Ps என்ற நிலையை அடைந்து விடும்.

வெளிப்புற நுண்துளையின் வாய் அகலத்துக்கு ஏற்ப அழுத்தம் எப்படி மாறுபடுகிறது என்பதை படத்தில் காணலாம்.

0_2 என்ற நுண் துளையின் வாய் மூடியிருக்கும் போது (அதாவது அதன் அளவு 0 என்று இருக்கும்போது,) இரண்டாம் அறையின் மின்னழுத்தம் Ps-க்கு சமமாக இருப்பதால் P_B/Ps என்ற விகிதம் 1 எனக் கொள்ளப்படும். பிறகு 0_2 நுண்துளையின் வாய் திறக்க திறக்க அது மெதுவாக குறைந்து கொண்டே வரும். இந்த அழுத்த வேறுபாடு ஒரு நேரிலாக் கோடாக இருக்கும்.



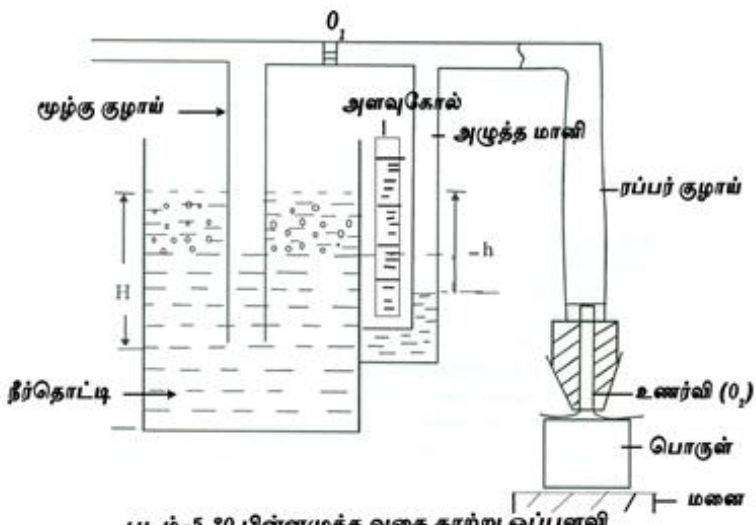
படம்-5.19 பின்னழுத்த பண்பு

வெளிப்புற நுண் துளையின் வாயை எப்படி மூடுவது அல்லது திறப்பது?

ஒரு தடுப்பு அட்டையைக் கொண்டு நுண் துளையின் வாயை மூடி விடலாம். பின்னர் அதை மெதுவாக நகர்த்தினால் மெல்ல மெல்ல உள்ளிருக்கும் காற்று வெளியேறும். ஒரு கட்டத்துக்கு மேல் முழுவதுமாக நுண்துளை திறந்த நிலையை அடையும். ஆகவே நுண் துளைக்கும், தடுப்பு அட்டைக்கும் இடையில் உள்ள தூரத்தைப் பொருத்து நுண்துளையின் வாய் அளவு இருக்கும்.

ஆகவே, பின்னழுத்தத்தை அளப்பதின் மூலம், தடுப்பு அட்டை உள்ள தூரத்தை அளக்கலாம்.

இக்கோட்பாட்டை அடிப்படையகாக் கொண்டு சோலெச்சு (solex) என்ற பிரான்சு நாட்டு நிறுவனம் ஒரு ஒப்பளவியை உருவாக்கியது. அதன் அமைப்பைப் படத்தில் காணலாம்.



படம்-5.20 பின்னழுத்த வகை காற்று ஒப்பளவி

அழுத்தக் காற்றை எடுத்துச் செல்லும் குழாயின் ஒரு கிளை நீருள்ள ஒரு தொட்டியில் மூழ்கியிருக்கும். இது உட்செலுத்தப்படும் காற்றின் அழுத்தத்தை மாறாமல்

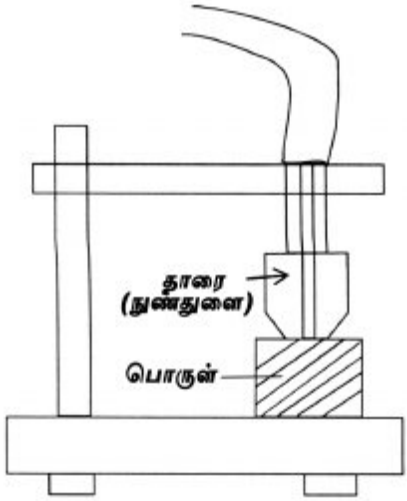
ஒரே சீராக வைத்துக்கொள்ள உதவும். மூழ்கு குழாயின் அடி முனைக்கும், நீர் மட்டத்துக்குமுள்ள இடைவெளியே செலுத்து அழுத்தமாகக் கொள்ளப்படும். தொட்டியில் ஒரு அழுத்தமானி (monometer) பொருத்தப்பட்டு குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மூழ்கு குழாய்க்கும், அழுத்தமானி இணைக்கப்பட்ட இடத்துக்கும் நடுவில் ஒரு நுண்துளை உள்ளது. (0_1) காற்றுக்குழாயுடன் ஒரு ரப்பர் குழாய் மூலம் அளக்கும் நுண்துளை உள்ள ஒரு உணர்வி (sensor), இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை ஒரு அளக்கும் மனையின் மேல் பொருத்திக் கொள்ளலாம்.

அளக்கும் துளை முழுவதுமாக திறந்திருக்கும்போது அழுத்தமானியில் உள்ள நீர் மட்டம், தொட்டியில் உள்ள நீர்மட்டத்துக்கு சமமாக இருக்கும். இப்பொழுது அளக்கும் நுண் துளைக்கு கீழே (0_2) ஒரு பொருளை வைத்தால் அதன் இடைவெளிக்கேற்ப பின்னழுத்தம் ஏற்பட்டு, அழுத்தமானியின் நீர்மட்டம் கீழே இறங்கி இருக்கும். எவ்வளவு இறங்கி இருக்கிறது என்பதை ஒரு அளவு கோலின் மூலம் அளந்து கொள்ளலாம்.

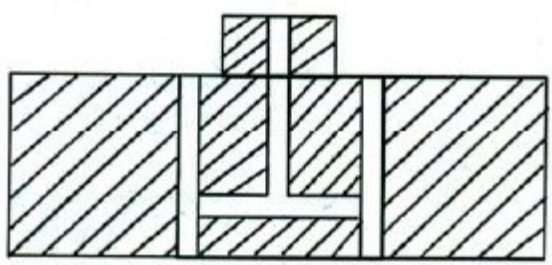
இந்த ஒப்பளவியைப் பயன்படுத்துவதற்கு முன்னால் நழுவுக் கடிகைகளைக் கொண்டு அளவீடு (calibration) செய்து விடுவார்கள். ஆகவே, பொருளுக்கும், நுண்துளைக்கும் இடையில் உள்ள தூரத்தை நேரடியாக அளக்கலாம்.

இந்த ஒப்பளவியைப் பயன்படுத்தும்போது முதலில் ஒரு செந்தரத்தை (Standard) மனையின் மேல் வைத்து, நுண் துளையின் உயரத்தை, அளவுகோலுக்கு நடுவில் இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ளவேண்டும். இந்த அளவை 0-என்று சரிசெய்து கொள்ளலாம். பிறகு செந்தரத்தை எடுத்துவிட்டு, அளவு பார்க்க வேண்டிய பொருளை வைத்தால், அழுத்தமானியின் நீர்மட்டம் அளவு வேறுபாட்டுக்கு ஏற்ப சற்று ஏறும் அல்லது இறங்கும்.



படம்-5.21 அளவீடு செய்தல்

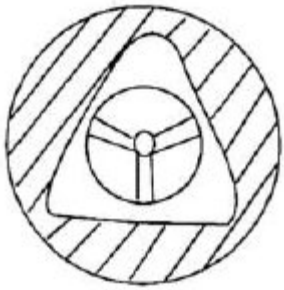
இத்தகைய ஒப்பளவிகளின் மிகப்பெரிய நன்மை என்னவென்றால், உணர்வியின் வடிவ அமைப்பை மாற்றுவதன் மூலம் பல்வகை பொருட்களுக்கும் இதனைப் பயன்படுத்தலாம். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு துளையின் விட்டத்தை சரிபார்க்க ஒரு உருளையில் நுண் துளைகள் போட்டு பயன்படுத்தலாம். (படம்-5.22)



படம்-5.22 ஒருதுளையை அளத்தல்

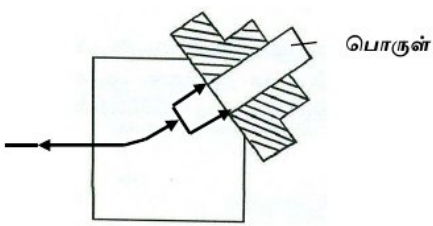
உருளைக் கடிகைக்கும் (Plug gauge) துளையின் சுவர்களுக்கும் இடையிலுள்ள இடைவெளியை இவ்வகை உணர்விகள் துல்லியமாக காட்டிவிடும். உணர்வி துளைக்கு நடுவில் சரியாக இருக்க வேண்டும் என்பதும் அவசியமில்லை. ஏனென்றால் இருக்கருவி கூட்டு இடைவெளியையே காட்டும். ஒரு பக்கம்

இடைவெளி குறைந்தால் மறுபக்கம் இடைவெளி அதிகரிக்கும். கூட்டு இடைவெளி சரியாகவே இருக்கும்.

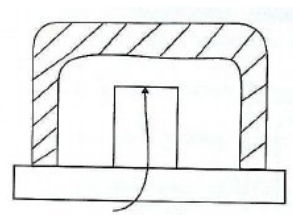


படம்-5.23 துளையின் வட்டத் தன்மையை அளத்தல்

இரண்டு துளைகளுக்கு பதில் 120^0 கோணத்தில் மூன்று துளைகள் போட்டு பயன்படுத்தினால் துளையின் வட்டத் தன்மையை அளந்துவிடலாம். (படம்-5.25)



படம்-5.24 செங்குத்துக் கோணத்தை சரிபார்த்தல்



படம்-5.25 ஒரு பொருளின் ஆழத்தை அளத்தல்

இதேபோல் பல்வேறு அளவுகளை சரிபார்க்க இந்த ஒப்பளவி பயன்படுவதை படத்தில் காணலாம்.

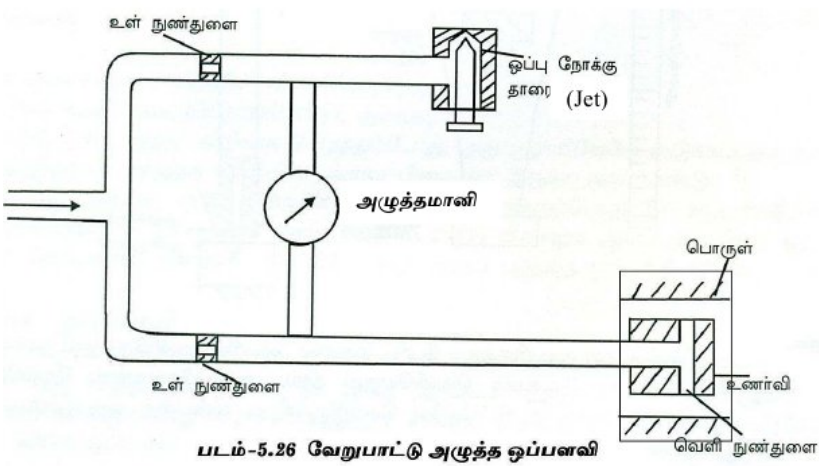
ஒரு துளைக்கும், அதன் அடிபாகத்துக்குமுள்ள செங்குத்துக் கோணத்தை அளக்கும் முறையை படம்-5.24-ல் காணலாம்.

ஒரு பொருளின் ஆழத்தை (Depth) காணும் அமைப்பை படம் 5.25-ல் காணலாம். இந்த ஒப்பளவியை 0-என்ற அளவுக்கு முதலில் சரிசெய்து கொண்ட பிறகு பொருளின் அளவைச் சரிபார்க்க வேண்டும். ஆனால் இது மிக நுட்பமாமன கருவி என்பதால் சரியாக 0-

அளவுக்கு சரிசெய்வது என்பது சற்றுக் கடினமானப் பணியாகும். மேலும் உள், வெளி நுண் துளைகளின் அளவு மாறுபாடும் அளப்பதில் பிழையை ஏற்படுத்தும். எனவே, இத்தகைய குறைகளைப் போக்க உருவாக்கப்பட்ட கருவியே வேறுபாட்டு அழுத்த ஒப்பளவி (Differential pressure comparator) எனப்படும்.

5.7.2 வேறுபாட்டு அழுத்த ஒப்பளவி

இந்த ஒப்பளவியில் காற்றுக்குழாய் இரண்டு கிளைகளாகப் பிரிந்து, ஒன்று ஒப்புநோக்கு தரைக்கும், மற்றொன்று உணர்விக்கும் செல்லுகிறது. அழுத்தம் அளக்கும் அளவுமானி இரண்டு குழாய்களையும் இணைக்கிறது. ஆகவே உணர்வியை முதல் செந்தரத்தின் வளை கடிகையின் துளையில் வைத்த பிறகு, ஒப்புநோக்கு தரையில் உள்ள திருகு மரையை சரிசெய்து அளவுமானி 0-என்று காட்டுமாறு செய்து கொள்ளலாம்.



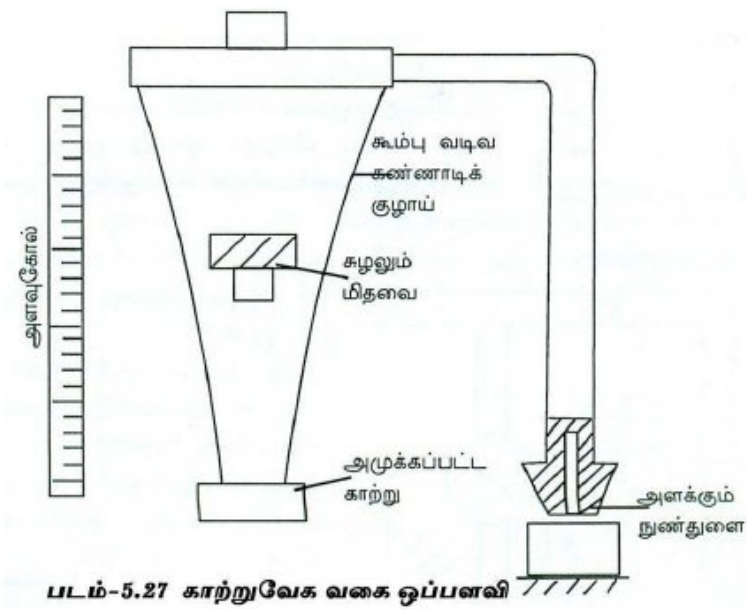
படம்-5.26 வேறுபாட்டு அழுத்த ஒப்பளவி

இதன்பிறகு பொருளை அளக்கும்போது, அது செந்தரத்தின் அளவிலிருந்து எவ்வளவு வேறுபட்டு இருக்கிறது என்பதை நேரடியாக அளந்து கொள்ளலாம்.

5.7.3 காற்றுவேக வகை ஒப்பளவி **(Flow velocity type comparator)**

ஒரு அறையில் உள்ள அமுக்கப்பட்ட காற்று ஒரு நுண்துளை வழியாக வெளியேறும்போதும், அறையின் உள்பகுதியில் அதன் வேகம் மாறுபடும். துளை பெரிதாக இருந்தால் அதிக வேகமும், சிறியதாக இருந்தால் குறைவான வேகமும் இருக்கும். இந்த காற்றின் வேகத்தை அளப்பதின் மூலமும், பொருளின் அளவை ஒப்பிட்டு அளக்கலாம். எனவே இதனைக் காற்றுவேக வகை ஒப்பளவி என்கிறோம்.

படத்தில் உள்ள ஒரு கூம்பு வடிவக் கண்ணாடி குழாயின் அடியில் அமுக்கப்பட்ட காற்று செலுத்தப்பட்டு மேற்புறம் வழியாக சென்று அளக்கும் நுண்துளையை அடைகிறது. கூம்புவடிவக் கண்ணாடிக் குழாயின் உள்பக்கமாக ஒரு சுழலும் மிதவை (float) வைக்கப் பட்டுள்ளது.



படம்-5.27 காற்றுவேக வகை ஒப்பளவி

அளக்கும் நுண்துளை மூடியிருக்கும் போது, மிதவை குழாயின் அடியில் தங்கியிருக்கும். நுண்துளை திறந்திருக்கும்போது, காற்று வேகமாக

வெளியேறுவதால், அது மிதவையை மேல்நோக்கி செலுத்தும். மிதவை எவ்வளவு தூரம் மேலே சென்றிருக்கிறது என்பதை ஒரு அளவுகோல் மூலம் அளந்து கொள்ளலாம்.

முதலில் ஒரு செந்தரத்தைக் கொண்டு மிதவையை அளவுகோலின் நடுவில் இருக்குமாறு நுண் துளையை சரிசெய்து கொண்ட பிறகு, அந்த இடத்தில் பொருளை வைத்தால், பொருளுக்கும், செந்தரத்துக்கும் உள்ள இடைவெளிக்கு ஏற்ப, மிதவையின் உயரம் மாறியிருக்கும். இதைக் கொண்டு பிழையை எளிதாக தெரிந்து கொள்ளலாம்.

வளியியல் ஒப்பளவிகளின் நன்மைகள்

1. அளவுகளை மட்டுமின்றி, வடிவ வேறுபாடுகளையும் இதனால் அளக்கமுடியும்.
2. உட்புற, வெளிப்புற அளவுகளையும் அளக்கலாம்.
3. இணைத் தன்மை (parallelism), செங்குத்துத் தன்மை (sqareness), கோணத்தன்மை, வட்டத்தன்மை ஆகியவற்றையும் சரிபார்க்கலாம்.
4. இதில் காற்று பயன்படுத்தப்படுவதால், உணரும் கருவி பொருளைத் தொடுவதில்லை. எனவே, ஒரு பொருளைத் தொடாமல் அளக்கவேண்டிய தேவைக்கு பெரிதும் பயன்படும்.
5. காற்றின் அழுத்தமும் மிகவும் குறைவு. எனவே மென்மையான தோல், ரப்பர், ப்ளாஸ்டிக் போன்ற பொருட்களையும் எளிதாக அளக்கலாம்.
6. மின் ஒப்பளவிகளைப்போல, ஒரே நேரத்தில் பல அளவுகளை அளக்கலாம்.
7. அளக்கும் கருவிக்கு அப்பால் உணரும் நுண்துளை தாரையைப் பயன்படுத்தலாம்.
8. இதன் பெருக்கம் x 50,000 மடங்காக இருப்பதால் துல்லியமாக அளக்க வல்லது.

குறைகள்

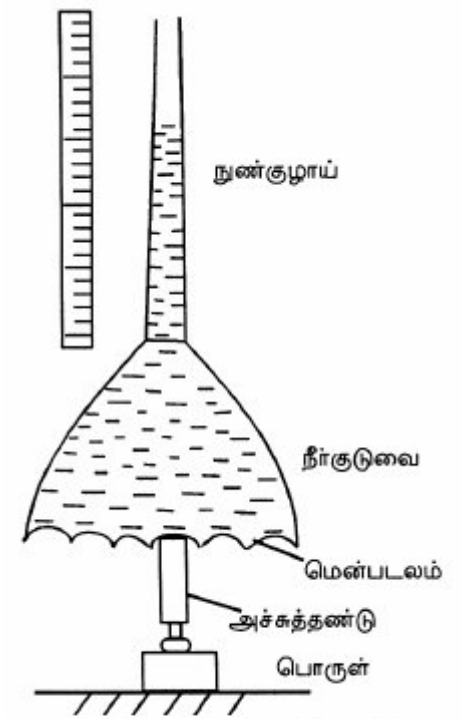
1. இவ்வகை ஒப்பளவிகளின் வீச்சு (Range) குறைவு.
2. இதன் உணர்வேகமும் (sensitivity), குறைவு.
3. காற்று நீண்ட குழாய் வழியாக செலுத்தும்போது, அது குழாயிலேயே அமுக்கப்படும் வாய்ப்பு

இருப்பதால், அழுத்தமானியின் அளவு பிழையாக இருக்க வாய்ப்புண்டு.

4. நீர் மட்டங்களை ஒரு அளவுகோலின் மூலம் அளக்கும்போது நீர்மட்டம் நிலையாக இல்லாததாலும், இணைகரப் பிழை (Parallax error)யினாலும் அளப்பதில் பிழை ஏற்படும்.
5. நீர் தொட்டியில் உள்ள நீர் வெளியே சிதறி சுற்றுப் புறத்தை ஈரமாக்கி விடும்.

5.8 நீரியல் ஒப்பளவி **(Fluidic comparator)**

ஒரு பாத்திரத்தில் உள்ள நீர் சற்றே இடம்பெயர்ந்தாலும், அது ஒரு நுண் குழாய் வழியாகச் செல்லும்போது அதிக உயரத்துக்குச் செல்லும். இதன் அடிப்படையில் அமைந்ததுதான் இந்த நீரியல் ஒப்பளவி.



படம்-5.28 நீரியல் ஒப்பளவி

ஒரு மென்படலம் மூடிய நீர்க்குடுவையின் மேல் ஒரு நுண்ணிய துளையுடன் கூடிய கண்ணாடிக் குழாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மென்படலத்தின் அடியில் ஒரு அச்சுத்தண்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அச்சுத் தண்டு சற்றே மேலே நோக்கி நகர்ந்தாலும், அது குடுவையிலுள்ள நீரை மேல்நோக்கிச் செலுத்தும். அது நுண்ணிய குழாய் வழியாக செலுத்தப்படுவதால் அதிக உயரத்துக்கு ஏறும், குழாய்க்குப் பக்கத்தில் ஒரு அளவுகோலை வைத்து, மாறும் நீரின் உயரத்தை அளக்கலாம்.

இந்த வகை ஒப்பளவிகளின் உணரும் வேகம் மிகவும் குறைவு. நீரின் அமுக்கப்படும் தன்மையால் நுண் குழாயில் நீர் ஏறும் அளவும் குறைவாக இருக்கும். அதனால் பிழைபடும் வாய்ப்புண்டு.

இந்தக் காரணங்களால் இத்தகைய ஒப்பளவிகள் இன்று புழக்கத்தில் இல்லை.

குறு வினாக்கள் :

1. ஒப்பளவி என்றால் என்ன?
2. ஒப்பளவியின் தேவை என்ன?
3. ஒப்பளவியின் கூறுகள் யாவை?
4. ஒப்பளவியின் வகைகள் என்ன? எந்த அடிப்படையில் அவை வகைப்படுத்தப்படுகின்றன?
5. எந்திரவியல் ஒப்பளவிகள் யாவை?
6. முகப்புமானிக்கும், முகப்பு ஒப்பளவிக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் என்ன?
7. ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர் ஒப்பளவியின் அடிப்படை என்ன?
8. ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர் ஒப்பளவியின் நிறைகுறை என்ன?
9. மென்தகட்டு ஒப்பளவியின் அடிப்படை என்ன?
10. சிக்மா எந்திர ஒப்பளவியின் சிறப்புகள் என்ன?
11. எந்திரவியல் ஒப்பளவிகளின் நிறை, குறைகளை பட்டியலிடுக.
12. ஒளியியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை என்ன?
13. ஜெய்ஸ் ஒளிமானியின் நன்மைகள் என்ன?
14. மின்னியல் ஒப்பளவிகளின் அடிப்படை என்ன?
15. மின்னியல் ஒப்பளவியின் நன்மைகள் யாவை?
16. மின்னணு ஒப்பளவியின் அடிப்படை என்ன?
17. வளியியல் ஒப்பளவியின் அடிப்படை என்ன?
18. வளியியல் ஒப்பளவிகளின் வகைகள் என்ன?
19. வேறுபாட்டு ஒப்பளவியின் நன்மை என்ன?
20. வளியியல் ஒப்பளவிகளின் பயன்கள் யாவை?
21. நீரியல் ஒப்பளவியின் குறைகள் என்ன?

நெடு வினாக்கள் :

1. ஜோகன்சன் மைக்ரோகேட்டர் எந்திர ஒப்பளவியின் கட்டுமானத்தைப் படம் வரைந்து விளக்குக. அதில் பெருக்கத்தை மாற்றும் முறை என்ன?

2. சிக்மா எந்திர ஒப்பளவியின் கட்டுமானத்தை படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் நன்மைகள் யாவை?
3. ஒளியியல் ஒப்பளவிகள் யாவை? அவற்றில் ஒரு ஒப்பளவியின் படம் வரைந்து செயல்பாட்டை விளக்குக.
4. மின்னியல் ஒப்பளவிக்கும், மின்னணு ஒப்பளவிக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன? மின்னியல் ஒப்பளவியின் செயல்பாட்டை விளக்குக. அதன் நன்மைகள் என்ன?
5. வளியியல் ஒப்பளவிகள் யாவை? மின்னழுத்த வகை ஒப்பளவியின் கட்டுமானத்தை படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் நன்மைகள் யாவை?
6. காற்றுவேக ஒப்பளவியின் செயல்பாட்டை படம் வரைந்து விளக்குக. அதன் சிறப்புகள் என்ன?
7. வளியியல் ஒப்பளவிகளின் பல்வேறு பயன்பாட்டை படம் வரைந்து விளக்குக.

6

கோணத்தை அளத்தல்

பாடம் **: 6**

கோணத்தை அளத்தல்

(ANGLE MEASUREMENT)

6.1 கோண அளவிகள்**:**

தொழிற்சாலைகளில் செய்யப்படும் பொருள்களின் கோணத்தை சரியாக அளக்க வேண்டிய தும் முக்கியமாகும். ஒரு கூம்பு வடிவத் தண்டு, ஒரு கூம்பு வடிவத் துளையில் சரியாக பொருந்த வேண்டுமென்றால், இந்த இரண்டு பொருள்களின் கூம்பு கோணமும் ஒன்றாகவும், சரியாகவும் இருக்க வேண்டும்.

இரண்டு கோடுகள் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்குமானால், அதில் ஒரு கோடு, மற்றொரு கோட்டோடு எவ்வளவு சரிந்திருக்கிறது என்பதின் அளவே கோணமாகும். இதேபோல் இரண்டு பரப்புகள் ஒரு கோட்டில் சந்திக்குமானால், ஒரு பரப்பு இன்னொரு பரப்போடு எவ்வளவு சரிந்திருக்கிறது என்பதின் அளவும் கோணமாகும்.

தொழிற்சாலைகளில், கோணத்தை அளக்க பல்வகை கோண அளவிகள் பயன்படுகின்றன. அவை:

1 சரிவுகோண அளவிகள் **(Bevel Protractors)**

(a) வெர்னியர் கோண அளவி (Vernier Bevel Protractor)

(b) ஒளி கோண அளவி (Optical Bevel Protractor)

(c) முழுமை கோண அளவி (Universal Bevel Protractor)

2 சைன் சட்டம்

(a) சைன் சட்டம் (Sine bar)

(b) சைன் மையம் (Sine centers)

(c) சைன் தளம் (Sine table)

3 சாராய மட்டம் **(Spirit Level)**

4 சரிவளவி **(Clinometers)**

5 கோண க் கடிகை **(Angle gauges)**

6 தானிணை ஒளிமானி **(Autocollimator)**

7 கோணமானி **(Angle dekker)**

8 நேர்படுத்து தொலைநோக்கி **(Alignment Telescope)**

9 கருவியாளர் நுண்ணோக்கி **(Tool makers microscope)**

10 வடிவ நிழல் காட்டி **(Profile Projector)**

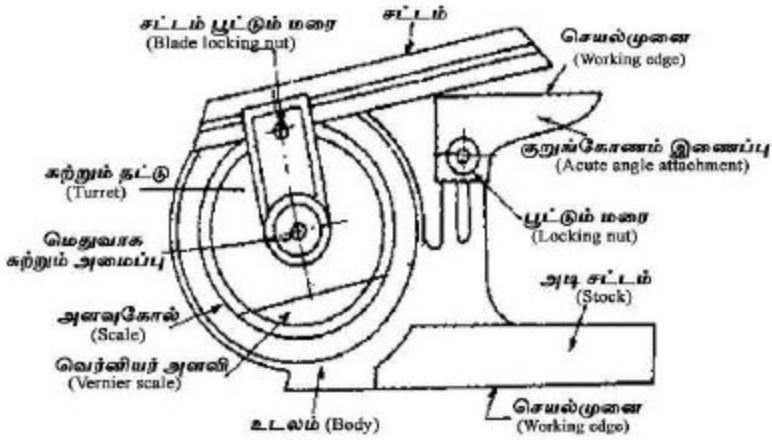
11 துல்லிய உருண்டைகளும், உருளைகளும் **(Precision Balls and Rollers)**

பொருள்களின் அளவு, வடிவம், நிலைப்பாடு (Position) ஆகியவற்றைப் பொருத்தும், அளக்க வேண்டிய நுட்பத்தைப் பொருத்தும், இக்கருவிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக, சிறிய, சரிவான பக்கங்களைக் கொண்ட ஒரு பொருளை ஒரு கோண அளவியைக் கொண்டு அளந்துவிடலாம்.

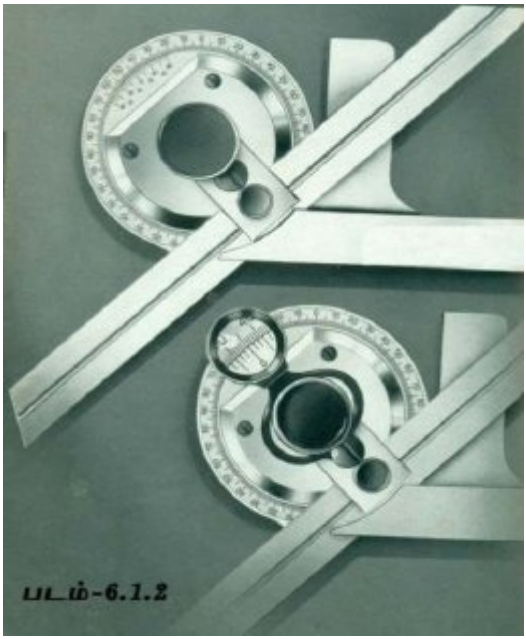
ஆனால், சாய்வாக இருக்கும் ஒரு மேசைத் தளத்தை அளக்க, ஒரு சாராய மட்டத்தையோ, அல்லது தானிணை ஒளி மானியையோ தான் பயன்படுத்த வேண்டும்.

6.2 சரிவு கோண அளவிகள் **(Bevel Protractors)**



படம்-6.1.1 சரிவுகோண அளவி (Bevel Protractor)

பள்ளிகளில் வடிவ கணிதம் வகுப்புகளில் கோணத்தை வரைவதற்கும், அளப்பதற்கும் அரைவட்ட அல்லது முழுவட்ட கோண அளவிகளைப் பயன்படுத்தியிருப்பீர்கள். ஒரு முழு வட்ட கோண அளவியின் மையத்தில் சுற்றும் வகையில் ஒரு வட்டத் தட்டைப் பொருத்தி, அதில் ஒரு வெர்னியர் அளவுகோலை அமைத்துவிட்டால், இந்த வட்டத்தட்டு, எவ்வளவு கோணத்துக்கு சுற்றுகிறது என்பதைத் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.



சரிவு கோணஅளவியின் அடிப்பாகத்தில் ஒரு சட்டத்தை நிலையாகப் பொருத்திவிட்டு, சுற்றும் வட்டத் தட்டில் ஒரு நீண்ட சட்டத்தை பொருத்திவிட்டால், இச்சட்டம் சுற்றும் போது அதற்கும் அடிச்சட்டத்துக்கும் இடையில் உள்ள கோணத்தை எளிதாக அளந்து விடலாம்.

இதன் அடிப்படையில் அமைக்கப்பட்டதே சரிவு கோண அளவிகள் ஆகும்.

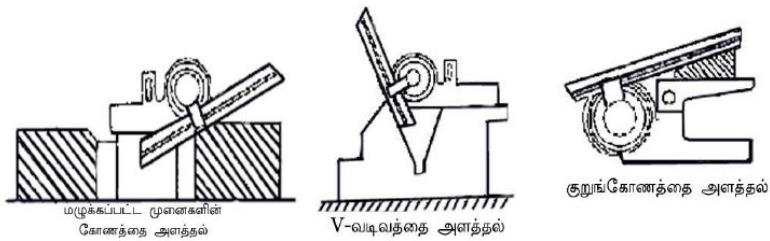
ஒரு சரிவு கோண அளவியின் அமைப்பையும், அதன் உறுப்புகளையும் படத்தில் காணலாம்.

இந்த சரிவு கோண அளவி ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்திற்கு மட்டும் சுற்றும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருந்தால், அதனை வெர்னியர் சரிவு கோண அளவி என்றும், 3600 கோணத்திலும் சுற்றும் வகையில் அமைக்கப்பட்டிருந்தால், அதனை முழு சரிவுக் கோண அளவி (Universal Bevel Protractor) என்றும் கூறுவர்.

முதன்மை கோணத்தட்டும், வெர்னியர் கோணத்தட்டும்

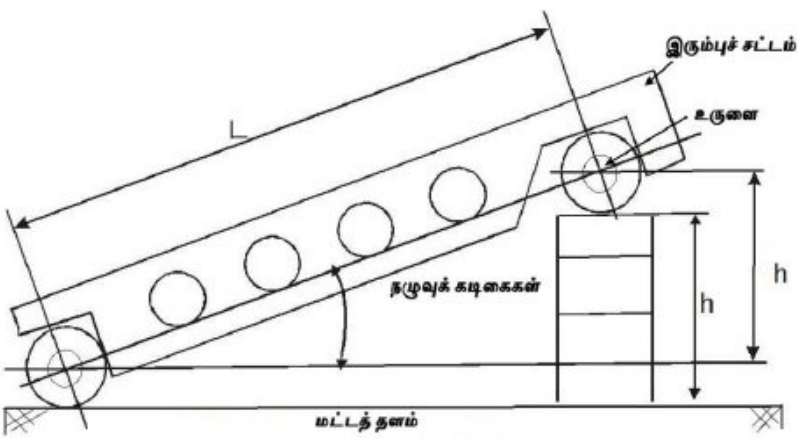
ஒரு கண்ணாடியால் அமைக்கப்பட்டிருப்பதே ஒளி சரிவுக் கோணஅளவியாகும். (Optical Bevel Protractor)

சரிவுக் கோணஅளவிகளைப் பயன்படுத்தி கோணத்தை அளக்கும் முறைகளைப் படத்தில் காணலாம்.



படம்-6.2 சரிவுக்கோண அளவியின் பயன்கள்

6.3 சைன் சட்டம் **(Sine bar)**



படம்-6.3 சைன் சட்டம்

கோணத்தை அளக்கப் பயன்படும் ஒரு கருவி சைன் சட்டமாகும். இது இரும்பிலான செவ்வக சட்டமாகும். அதன் கீழ் குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் சரியான ஒரே அளவுள்ள இரண்டு உருளைகளைக் கொண்டிருக்கும்.

இரண்டு உருளைகளின் மையத்தை இணைக்கும் கோடு, இரும்பு சட்டத்தின் மேற்புறத்திற்கு இணையாக இருக்கும்படி பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

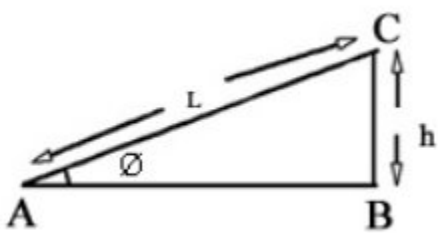
பொதுவாக இரண்டு உருளைகளுக்கும் இடையுள்ள தூரம் 100 மி.மீ, 200மி.மீ அல்லது 300 மி.மீ ஆக இருக்கும்.

ஒரு சமமட்ட தளத்தில் இந்த சைன் சட்டத்தை வைத்தால், அதன் மேற்புறம் மட்டத்துக்கு இணையாக இருக்கும். ஆனால் ஒரு சாய்வான மட்டத்தின் மேல் வைத்தால், சட்டத்தின் மேல் மட்டமும் சாய்வாகவே இருக்கும். எவ்வளவு கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கிறது என்பதை எப்படி அளப்பது?

இதற்கு சாய்ந்திருக்கும் பக்கத்தில் உள்ள உருளையை மேலே தூக்குமாறு, அதன் கீழ் சில நழுவு கடிகைகளை ஒன்றன் மேல் ஒன்றாக, படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல் சைன் சட்டத்தின் மேற்புறம் சமமாக வரும் வரை அடுக்கி கொள்ள வேண்டும்.

சைன் சட்டத்தின் மேல்பக்கம் சமமாக உள்ளதா என்பதை ஒரு சாராய மட்டத்தின் மூலமாகவோ அல்லது முகப்பு மானியுடன் கூடிய ஒரு உயர வெர்னியர் மானியையோ பயன்படுத்தலாம்.

எனவே, சைன் சட்டத்தின் ஒரு முனை $Ø^0$ கோணத்துக்கு தூக்கப்பட்டிருக்கும்.



இப்பொழுது நழுவுக் கடிகைகளின் உயரம் h எனக் கொள்வோம்.

எனவே ABC என்ற முக்கோணத்தில்

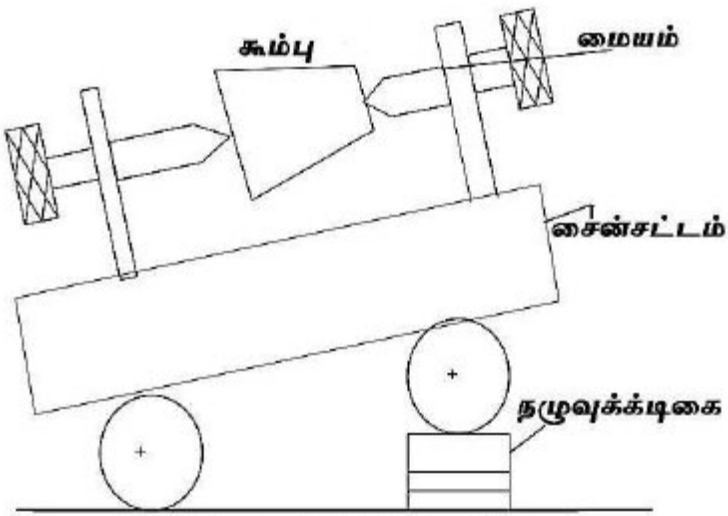
$$\text{Sin } Ø = \frac{h}{L}$$

இங்கு L = இரண்டு உருளைகளின் மையங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரம்

h = நழுவுக் கடிகைகளின் உயரம்

இதிலிருந்து Ø என்ற கோணத்தை எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம்.

6.3.1 சைன் மையம் **(Sine centres)**



படம்-6.4 சைன்மையம்

சைன் சட்டங்கள் மூலம் சிறிய, பெரிய செவ்வக சமதள பரப்புள்ள பொருள்களின் சாய்வுக் கோணத்தை அளக்கலாம்.

ஆனால், கூம்பு உருளைகளை இதன் மேல் வைப்பது கடினம். அதற்கு, சைன் மையங்கள் (Sine centres) பயன்படுகின்றன. (படம் 6.4)

மிகப்பெரிய பரப்பு கொண்டவற்றின் சாய்வை

அளக்க சைன் மேசைகள் (Sine table) பயன்படும்.

6.3.2 கூட்டு சைன் மேசை

இவை அனைத்துமே ஒரே திசையில் உள்ள சாய்வை அளக்க மட்டுமே பயன்படும். ஆனால், ஒரு தளம் இரண்டு திசைகளிலும் சாய்ந்திருந்தால் அவற்றை கூட்டு சைன் மேசைகளைப் (Compound Sine table) பயன்படுத்தி அளக்கலாம். இதில் மேற்புற தளத்தை x,y என்ற இரண்டு திசைகளிலும் உயர்த்தலாம்.

சைன் சட்டங்கள் A-வகை (0.01mm/m) அல்லது B-வகை (0.02mm/m) என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

ஒரு பொருள் சிறியதாக இருந்தால், அதனை சைன் சட்டத்தின் மேல் வைத்தும், பெரிதாக இருந்தால், பொருளின் மேல் சைன் சட்டத்தை வைத்தும் சாய்வுக் கோணத்தை அளக்கலாம்.

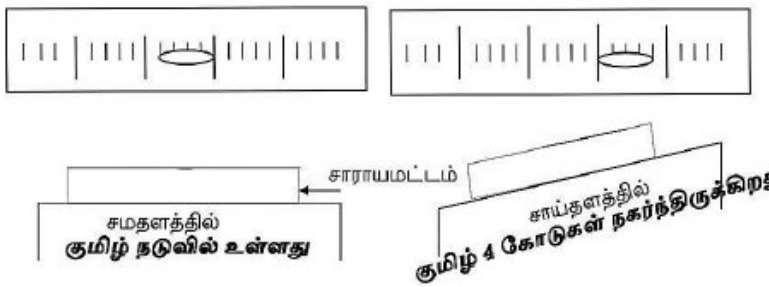
சாய்வுக் கோணத்தை அளப்பதற்கு மட்டுமல்லாது, ஒரு பொறியில், ஒரு பொருளை சரியான சாய்வுக் கோணத்தில் பொருத்துவதற்கும் சைன் சட்டங்கள் பயன்படுகின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு துருவுக் பொறியில் (Milling Machine) செவ்வக இரும்புச் சட்டத்தின் மேற்புறத்தை சாய்வாக செதுக்க வேண்டும் என்றால், சைன் சட்டத்தைப் பயன்படுத்தாலாம்.

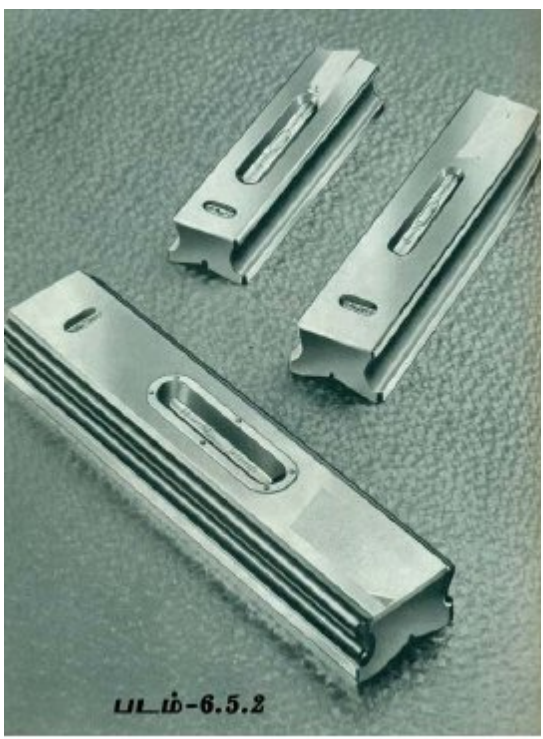
6.4 சாராய மட்டம் **(Spirit Level)**

ஒரு வளைந்த குழாயில் சாராயம் ஊற்றப்பட்டு ஒரு செவ்வக சட்டத்தில் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். சட்டத்தின் அடிபாகம் மிகவும் தட்டையாக V-காடியுடன் இருக்கும். சட்டத்தை சற்றே சாய்வான தளத்தில் வைத்தால், குழாயில் இருக்கும் குமிழ் (Bubble) நகர்ந்து சாய்மானம் எவ்வளவு என்று காட்டிவிடும். இதன் துல்லியம் 0.2 mm/m என்று குறிக்கப்படும். அதாவது ஒரு மீட்டர் நீள பரப்பின் சாய்மானம் அல்லது சரிவு 0.02 மி.மீ என்றால், குமிழ் ஒரு கோடு நகரும். உருளை வடிவ தண்டுகளின் சாய்மானத்தை அளக்கும் வகையில்

அதன் அடிப்பாகம் V- வடிவத்தில் இருக்கும்.



படம்-6.5.1 சாராயமட்டம்



சாராயமட்டங்களால் மிகக் குறைவான கோணத்தையே

அளக்க முடியும் என்பதால், இது மட்டம் பார்ப்பதற்கே பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது. பரப்புகளின் நேர்க் கோட்டுத் தன்மை (straightness), தட்டைத் தன்மை (flatness) ஆகியவற்றை அளப்பதற்கும் இவை பயன்படுகின்றன.

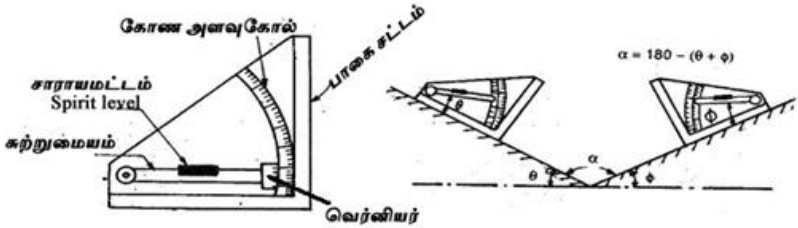
6.5 சாய்வுமானி **(Clino meter)**

சாய்ந்திருக்கும் தளங்களின் கோணத்தை துல்லியமாக அளக்க கோணஅளவியோ, சாராய மட்டமோ பயன்படாது. ஏனென்றால் கோணஅளவிக்கு கோணத்தை அளக்கும் இரண்டு பரப்புகள் தேவை. சாராய மட்டமோ குறைவான கோணத்தையே அளக்கவல்லது. இக்குறையை போக்க கோணமானியையும், சாராய மட்டத்தையும் இணைத்து ஒரு புதிய கருவி உருவாக்கப்பட்டது. இதற்கு சாய்வுமானி (Clino meter) என்று பெயர்.

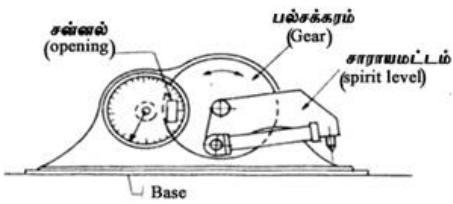
ஒரு சுற்று சட்டத்தில் ஒரு சாராய மட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். (படம்-6.6.1) ஒரு சமதளத்தில் வைக்கப் பட்டிருக்கும்போது, சாராய மட்டத்தின் குமிழ் நடுவில் இருக்கும். ஆனால் இதை ஒரு சாய்வு தளத்தில் வைக்கும்போது குமிழ் ஒருபக்கமாக நகர்ந்துவிடும். இப்பொழுது சாராயமட்டத்தை, குமிழ் சரியாக நடுவில் இருக்குமாறு திருப்பி சரிசெய்தால் அதன் முனையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் வெர்னியரும் வட்டமான அளவு சட்டத்தில் நகர்ந்து சரியான அளவைக் காட்டிவிடும்.

சமதளத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு இக்கருவிகள் கோணத்தை அளக்கின்றன. ஆகவே சாராயமட்டத்திற்கு பதில் ஒரு ஊசலை (Pendulum) பொருத்தியும் கோணத்தை அளக்கலாம். இதற்கு ஊசல்

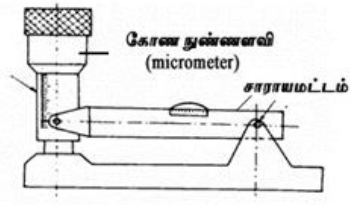
சாய்வுமானி என்று பெயர். சாய்வுமானியின் மற்ற வகைகளை படத்தில் காணலாம்.



படம்-6.6.1 வெர்னியர் சாய்வுமானி



படம்-6.6.2 முகப்பு சாய்வுமானி



படம்-6.6.3 நுண்ணளவி சாய்வுமானி

6.6. கோண கடிகைகள் **(Angle gauges)**

நேர் அளவுகளுக்கு செந்தரமாக நழுவுக் கடிகைகள் இருப்பதைப் போல், கோண அளவுக்கு செந்தரமாக இருப்பது தான் கோண கடிகைகள் ஆகும்.

இவையும், செவ்வக வடிவத்தில், பல கோண அளவுகளில் செய்யப்பட்ட கலப்பு எஃகினால் ஆனவை ஆகும். இதன் அளக்கும் பரப்புகளும் வழவழப்பாக, ஒன்றன் மேல் ஒன்றை வைத்து நகர்த்தினால், பற்றிக் கொள்ளும் வகையில் இருக்கும்.

கோண கடிகைகளின் அளவுகள் :

பாகை (Degree) பாகை நொடி (minutes) பாகை தசம நொடி / வினாடி

1^0	1′	0,05 = 3”
3^0	3′	0,1 = 6”
9^0	9′	0.3 = 18”
27^0	27′	0.5 = 30”

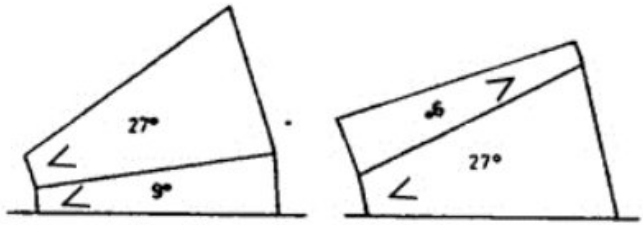
5 4
4 13

கோணக் கடிகைகள் அடக்கிய பெட்டியில் மொத்தம் 13 கடிகைகள் மேற்பட்ட அட்டவணையில் குறித்தவாறு இருக்கும். அவற்றை தேவைக்கேற்ப இணைத்து பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

இந்த கடிகைகளின் சிறப்பு என்னவென்றால், இரண்டு கடிகைகளை இணைத்து கூட்டவும் முடியும், கழிக்கவும் முடியும்.

எடுத்துக் காட்டாக ,

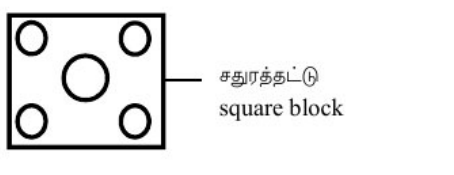
27^0 கோண கடிகைகையையும், 9^0 கோண கடிகைகளையும் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு இணைத்தால் மொத்தம் $27^0 + 9^0 = 36^0$ கிடைக்கும். கடிகைகளின் முனையின் எந்த திசையில் கோணம் உயர்கிறது என்பதைக் காட்ட < என்ற குறியீடு போடப்பட்டிருக்கும். ஏனென்றால், 1^0, 3^0 போன்ற சிறிய அளவு கோணக் கடிகைகளின் கோணதிசையை கண்டறிவது கடினம். அவை செவ்வக வடிவமாகவே தெரியும்.



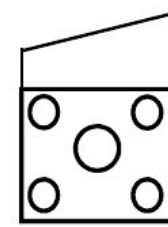
மொத்த கோணம் = $27^{\circ}+9^{\circ}=36^{\circ}$ ∴ மொத்த கோணம் = $27^{\circ}-9^{\circ}=18^{\circ}$

ஆனால் இதில் ஒன்றை திருப்பி வைத்தால் $27^0 - 9^0 = 18^0$ கிடைக்கும். ஆகவே 0^0 முதல் 90^0 வரை, 3″ பாகை வினாடிகள் துல்லியத்தில் இக்கடிகைகளைச் சேர்த்துப் பயன்படுத்தலாம்.

90^0 க்குமேல் தேவைப்பட்டால், சதுரத் தட்டைப் (Square block) பயன்படுத்தலாம்.



படம்-6.8 சதுரத்தட்டு



90° + 27° = 117°

எடுத்துக்காட்டு **1:**

கோண கடிகைகள் கொண்டு, 47^0-33″-12″ கோணத்தை நிறுவுதல் எப்படி?

47^0-33′-12″ = $41^0 + 9^0$-$3^0 + 27' + 9'$-$3 + 18''$-$6''$

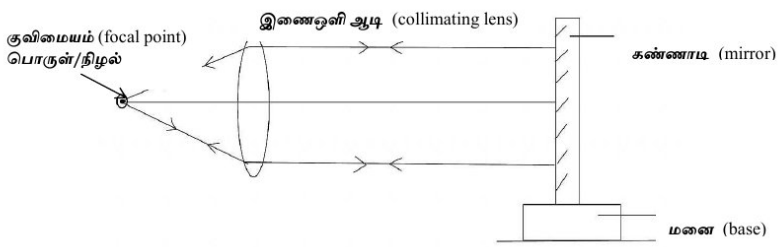
எடுத்துக்காட்டு **2:**

114^0-6′-36″ = $90^0 + 27^0$-$3^0 + 9'$-$3' + 30'' + 6'$

இங்கு 90^0 என்பது சதுரத்தட்டு ஆகும்.

6.7 தானிணை ஒளிமானி **(Autocollimator)**

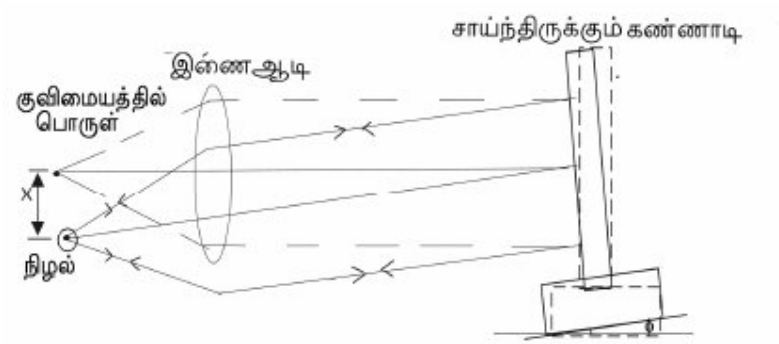
ஒளியியலில், ஒரு இணையான ஒளிக்கதிரை உருவாக்கும் ஒரு இணை ஆடிக்கு (Collimating lens) எதிரில், ஒரு கண்ணாடியை (mirror) குறுக்காக, செங்குத்தாக வைத்தால், அக்கண்ணாடி அந்த இணையான ஒளிக்கதிரை அப்படியே இணை ஆடிக்கு திருப்பி எதிரொளிக்கும். எனவே, எதிரொளி இணை ஆடியின் குவியப் புள்ளியில் (focal point) மீண்டும் இணையும். அந்த குவியப் புள்ளியில் ஒரு பொருள் வைக்கப்பட்டிருந்தால், அதன் நிழல் வடிவமும் அதே புள்ளியில் வந்து அதன்மேல் விழும்.



படம் 6.9 கண்ணாடி செங்குத்தாக இருந்தால், நிழல் விழும் இடம்

ஆனால், கண்ணாடியை படத்தில் காட்டியவாறு சற்றே சாய்த்து வைத்தால், பொருளின் நிழல் வடிவம், குவியப் புள்ளி தளத்தில், பொருள் இருக்கும் இடத்திற்கு சற்று கீழே விழும்.

கண்ணாடியின் சாய்வு மிகுதியாகும் போது, இந்த இடைவெளியும் மிகும். பொருளுக்கும், நிழலுக்கும் உள்ள இந்த இடைவெளியை அளந்தால், கோணத்தை அளந்து விடலாம் அல்லவா!



படம்-6.10 கண்ணாடி சாய்வாக இருந்தால் நிழல் விழும் இடம்

இங்கு

f = ஆடியின் குவியதூரம்

x = பொருளுக்கும், நிழலுக்கும் இடையில் உள்ள அளவு

Ø = கண்ணாடியின் சாய்வுக்கோணம்

என்றால், Ø = மிகவும் குறைவாக இருக்கும்போது

x = 2fØ

அல்லது, $\emptyset = \frac{x}{2f}$

$= k x$, $k = \frac{1}{2f}$

K என்பது ஒரு கருவிக்கு நிலை எண்ணாக இருக்கும்.

ஒரு கண்ணாடி Ø-கோணத்தில் சாய்ந்தால், அதன் எதிரொளி 2 Ø அளவில் இருக்கும் என்பது ஒளியியல் விதியாகும். அதனால்தான் 2 சமன்பாட்டில் இடம்பெற்றுள்ளது.

இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டது தான் தானிணை ஒளிமானி ஆகும்.

இதில், கண்ணாடி ஒரு மனையின் மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அடிமனையின் நீளம் பொதுவாக 100மி.மீ. இருக்கும். இதற்கு அதிகமாகவும் இருப்பதுண்டு.

இந்த அடிமனை $Ø^0$ சாய்வாக இருந்தால், கண்ணாடியும் $Ø^0$ சாயும். எனவே கண்ணாடியின் சாய்வுக் கோணத்தை அளந்தால், அது அடிமனையின் கோணத்தை அளப்பதற்குச் சமமாகும். இதன் மூலம், கண்ணாடியின் அடிமனையின் ஒரு முனை எவ்வளவு உயர்ந்திருக்கிறது அல்லது தாழ்ந்திருக்கிறது என்பதையும் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

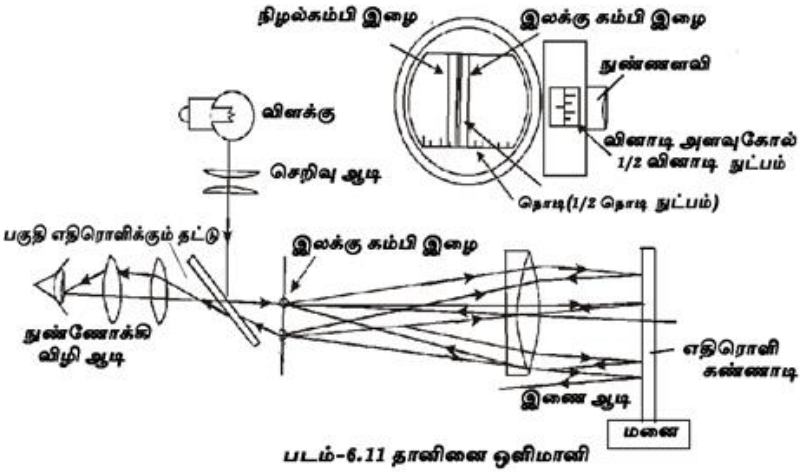
இந்த கண்ணாடி அடிமனையை நகர்த்தி, நகர்த்தி அது நகரும் திசையில் ஒரு நேர்க்கோட்டில் உள்ள மேடு பள்ளங்களை அளந்து, நேர்க்கோட்டுத் தன்மையையோ (Straightness) பரப்புத் தன்மையையோ (flatness) அளக்கலாம்.

6.7.1 தானிணை ஒளிமானியின் கட்டுமானம்

தானிணைஒளிமானி இரண்டு தனித்தனி உறுப்புகளைக் கொண்டது. ஒன்று இணைஒளிப் பகுதி (Collimating unit) மற்றொன்று எதிரொளிக்கும்

கண்ணாடிப் பகுதி (Mirror unit)

இதன் கட்டுமானத்தைப் படத்தில் காணலாம்.



படம்-6.11 தானியனை ஒளிமானி

இணை ஒளிப்பகுதியில் ஒரு சிறிய மின்விளக்கு இருக்கும். இதிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் ஒரு செறிவு ஆடியின் (Condenser) வழியாக பகுதி எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியின் மூலம் எதிரொளிக்கப்பட்டு இணைக்கதிர் ஆடி (Collimating lens)க்கு, அதன் குவிமையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு அளக்கும் இழைகள் கொண்ட கண்ணாடி வழியாக சென்றடையும். அங்கிருந்து ஒளி இணைக் கதிராக மாறி, எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியை அடைந்து, அங்கிருந்து எதிரொளிக்கும். மீண்டும் திரும்பி வரும் ஒளிக்கதிர், இணைக்கதிர் ஆடியின் வழியாக, அளவிடும் கண்ணாடியை அடைந்து, விழியாடிக்கு வரும். விழியாடியில் ஒப்பிட்டு அளப்பதற்காக குறுக்கு இழைகள் பொருத்தப்பட்ட கண்ணாடித் திரையைக் காணலாம்.

பகுதி எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி, இப்பொழுது ஒளியை எதிரொளிக்காமல் கடத்தும். முதலில் எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியாகவும், பிறகு கடத்தும் கண்ணாடியாகவும் இருப்பதாலேயே இதனை பகுதி எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி (Semi Reflector) என்கிறோம்.

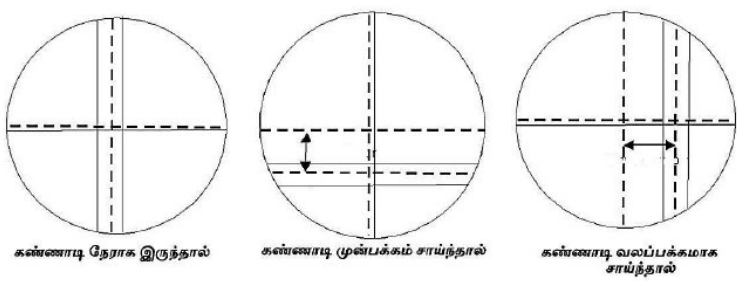
அளக்கும் கண்ணாடித் திரையை மேலும் கீழும் நகர்த்தி துல்லியமாக அளக்கவும் ஒரு நுண்ணளவி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த கண்ணாடித் திரையை, தேவைக்கேற்ப 900 திருப்பியும் வைத்து அளக்கலாம். இந்நுண்ணளவி, 0.5 வினாடி துல்லியத்தில் அளக்க வல்லது.

முன்னர் கூறியது போல், ஆடியின் குவி மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள குறுக்கு இழைகளின் நிழல் கண்ணாடியின் மேல் பட்டு, மீண்டும், குவி மையத்துக்கே வந்து சேரும்.

கண்ணாடி, ஒளி அச்சுக்கு (optical axis) குறுக்காக, செங்குத்தாக, சாய்வில்லாமல் இருந்தால், கண்ணாடித் திரையில் உள்ள குறுக்குக் கோடுகளின் மேல் சரியாக நிழலும் வந்து படியும்.

ஆனால், கண்ணாடி முன்பக்கமாக, சற்றே சாய்ந்திருந்தால், குறுக்கு இழைக் கோடுகளின் நிழல் திரையில் உள்ள குறுக்குக்கோடுகளுக்கு கீழே படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு விழுந்திருக்கும்.

இப்பொழுது நுண்ணளவியைக் கொண்டு கண்ணாடித் திரையைக் கீழே நகர்த்தி, திரையில் உள்ள குறுக்குக் கோடுகளும், நிழல் கோடுகளும் பொருந்துமாறு சரிசெய்ய வேண்டும். நகர்ந்த இடைவெளியை நுண்ணளவியில் அளந்து கொள்ளலாம்.



படம்-6.12 குறுக்குக் கோடுகளின் தோற்றம்

6.7.2 தானிணை ஒளிமானியின் சிறப்புக் கூறுகள்

தானிணை ஒளிமானியின் ஒளி அச்சும், (Optical Axis) ஆடிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் குழாயின் அச்சும் (Mechanical Axis) ஒரே கோட்டில் இருக்குமாறு கட்டுமானம் செய்யப்பட்டிருக்கும்.

இதனால், ஒரு அச்சுத் தண்டை ஒரே கோட்டில் அமைக்க ஏதுவாக, சுழல் கப்பி தாங்கிகளை (Bush Bearing) ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமைக்க எளிதாக இருக்கும்.

இணை ஒளிப் பகுதியை முதல் தாங்கியில் பொருத்திவிட்டு, அடுத்தடுத்த தாங்கிகளில் எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியைப் பொருத்தி சரி செய்யலாம்.

இவை 10 பாகை நொடிகள் வரம்பும், 0.5 பாகை வினாடி நுட்பமும் கொண்டவை.

இதன் மூலம் 30 மீட்டர் நீளமுள்ள பொருள்களின் கோணத்தை, நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்க முடியும்.

6.7.3 இதன் பயன்கள்

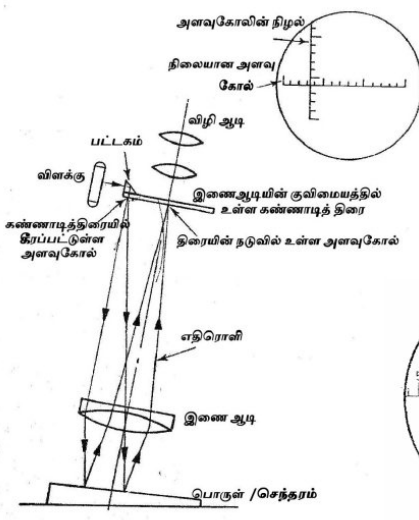
1. பெரிய சாய்வு மேடைகளின் கோணத்தையும், சரிவையும், நேர்க் கோட்டுத் தன்மையையும் (Straighness) தட்டைத் தன்மையையும், (flatness) செங்குத்துத் தன்மையையும் (Squareness) அளக்கலாம். (பார்க்க: (பாடம்-11: நேர்க்கோட்டுத் தன்மை, தட்டைத்தன்மை அளத்தல்)

6.8 கோணமானி **(Angle Dekker)**

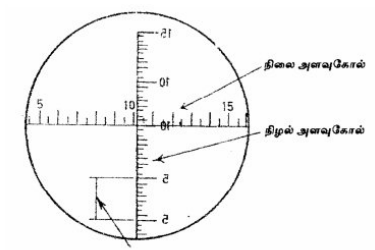
தானிணை ஒளிமானியின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்டது தான் கோணமானி ஆகும். இதில், இணை ஆடியின் குவிமையத்தில், ஒரு குறுக்குக் கம்பிக்கு பதிலாக, ஒரு அளவுகோல் பதியப்பட்டிருக்கும். இது ஒளிக் கதிரோடு சென்று எதிரொளிக்கும் பரப்பின் மேல் பட்டு, விழியாடியின் (eye

piece) பார்வை தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள இன்னொரு அளவு கோலின் மேல் செங்குத்தாக விழும். இந்த இரண்டு அளவு கோல்களும் எவ்வாறு இணைகின்றன என்பதைப் பொறுத்து, கோணத்தை அளக்கலாம்.

செங்குத்தாக இந்த அளவு சட்டங்கள் இணைவதால், பொருளின் கோணத்தில் உள்ள பிழையை இரண்டு திசைகளிலும் அளக்கலாம். இந்த கருவியில், ஒரு பொருளின் கோணத்தை சரிபார்க்க, முதலில் அதன் அளவுள்ள கோண கடிகைகள் அல்லது சைன் சட்டம் ஆகியவற்றைக் கொண்டு உருவாக்கி, கருவியின் மனையில் பொருத்திக் கொள்ள வேண்டும்.



படம்-6.15 கோணமானி



படம்-6.16 இணையும் அளவுகோல்களின் தோற்றம்

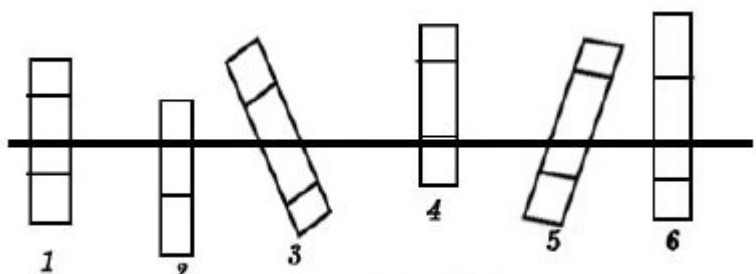
பின்னர் கருவியை, மெதுவாக நகர்த்தி, அதன் ஒளி அச்சு, பொருளுக்கு செங்குத்தாக இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும். அப்பொழுது இரண்டு அளவு சட்டங்களும், ஒன்றை யொன்று நடுவில் வெட்டிக் கொண்டிருக்கும் படி இருக்கும்.

இப்பொழுது, மனையில் உள்ள செந்தர அமைப்பை நீக்கிவிட்டு, அந்த இடத்தில் கோணத்தை சரிபார்க்க வேண்டிய பொருளை வைக்க வேண்டும். இப்பொழுது,

பொருளின் கோணத்தில் பிழையில்லையென்றால், அளவு சட்டங்கள் இணையும் காட்சியில் எந்த மாறுதலும் இருக்காது. ஆனால் பிழை இருந்தால், அதன் திசைக்கேற்ப, அளவுகோடு நகர்ந்திருக்கும். எவ்வளவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை அளந்து, பிழையைக் கண்டறியலாம்.

6.9 நேர்படுத்து தொலை நோக்கி **(Alignment telescope)**

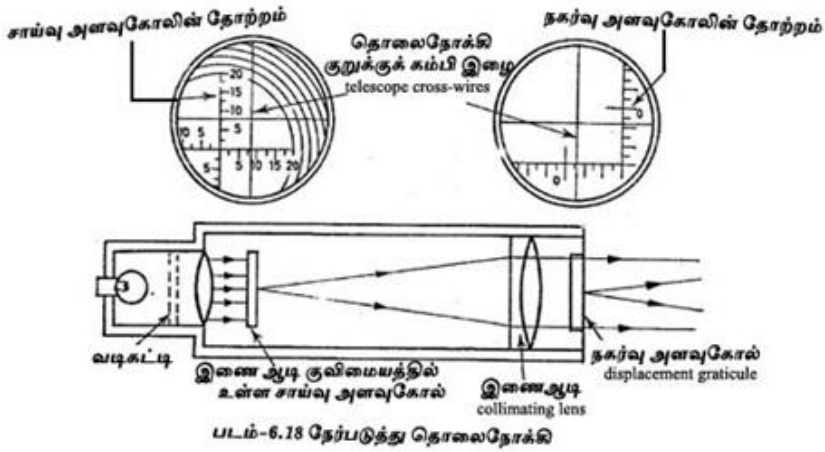
இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பொருள்களை ஒரே வரிசையில் ஒரே அச்சில், ஒன்றுக்கு ஒன்று திரும்பாமல், அச்சுக்கு செங்கத்தாக நிறுவப் பயன்படும் கருவியே நேர்படுத்து தொலை நோக்கி ஆகும். இது அச்சுக்கு மேலும் கீழும் ஏற்படும் நகர்வையும் (displacement) அச்சுக்கு செங்கத்தாக உள்ள தளத்திலிருந்து எவ்வளவு திரும்பியிருக்கிறது என்ற கோணத்தையும் அளக்க வல்லது.



படம்-6.17 நேர்படுத்தலில் சிக்கல்

எடுத்துக்காட்டாக, ஒரே அச்சில் ஒரு நிறுவ வேண்டிய ஒரு சுழல் அச்சை (spindle) சுழல் தாங்கிகளில் (Bearings) நிறுவ வேண்டுமென்றால் அவற்றின் அச்சு மையம் ஒரே நேர்க்கோட்டில் இருக்க வேண்டும். மேலும் அவற்றின் முகப்புத் தளமும், அச்சுக்கு செங்குத்தாக இருக்க வேண்டும். ஆனால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள எடுத்துக் காட்டில், இரண்டாவது தாங்கி சற்று கீழே நகர்ந்திருக்கிறது. மூன்றாவது தாங்கி இடப்பக்கமாக சாய்ந்திருக்கிறது. நான்காவது தாங்கி மேற்புறமாக நகர்ந்திருக்கிறது. ஐந்தாவது தாங்கி வலப்பக்கமாக

சாய்ந்திருக்கிறது. எனவே, இந்த பிழைகளைக் கண்டறிந்து சரிசெய்தால் தான், சுழல் அச்சை சரியாக பொருத்த முடியும். இதற்கு நேர்படுத்து தொலைநோக்கி பயன்படுகிறது.



படம்-6.18 நேர்படுத்து தொலைநோக்கி

நேர்படுத்து தொலைநோக்கி இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டது. முதல் பகுதி இணை ஒளிக்கதிர் பகுதி (collimating unit) ஆகும். மற்றது தொலைநோக்கி கருவியாகும் (Telescoping unit).

இணை ஒளிக்கதிர் பகுதியில், விளக்கிலிருந்து ஒளிக்கதிர், வடிகட்டியின் வழியாக ஒளி ஆடியை அடைந்து அதற்கு எதிரில் வைக்கப்பட்டுள்ள அளவுகோடுகள் பதியப்பட்டுள்ள கண்ணாடித் திரையின் வழியாக சென்று இணை ஆடியை (collimating lens) அடைகிறது. கண்ணாடித் திரை, இணை ஆடியின் குவி மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இணை ஆடியிலிருந்து, ஒளி இணையான ஒளிக்கற்றையாக செல்லும். இணை ஆடிக்கு எதிரில் நகர்வை (displacement) அளக்கும். அளவுகோடுகளைக் கொண்ட கண்ணாடித் திரை வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் வழியாக செல்லும் ஒளிக் கற்றை, தொலைநோக்கியை அடைகிறது. தொலைநோக்கியில் குறுக்கு கம்பி இழைகள் (cross wire) இருக்கும்.

தொலைநோக்கியை சரிசெய்து, நகர்வு அளவுக் கோடுகளை காணலாம். தொலைநோக்கியை வரம்பிலா நிலைக்கு (Infinity) சரிசெய்தால், இணை ஆடியின் குவிமையத்திலுள்ள சாய்வு நிலை அளவு கோடுகளைக் காணலாம்.

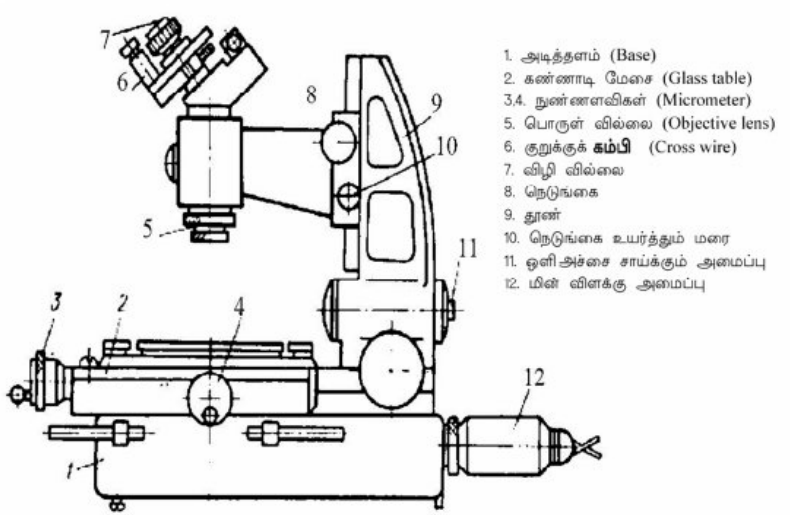
எனவே, இந்த இரண்டு நிலைகளில் அளவு கோடுகள் காட்டும் அளவை வைத்து, ஒரு பொருள் நேர்க்கோட்டு, அச்சிலிருந்து நகர்ந்திருக்கிறதா, சாய்ந்திருக்கிறதா என்பதைக் கண்டறியலாம்.

நகர்வையும், சாய்வையும் பிரித்துப் பார்க்க, சாய்வு அளவுகோடுகளைச் சுற்றி வட்ட வட்ட கோடுகள் போடப் பட்டிருக்கும்.

தொலைநோக்கியில் உள்ள குறுக்கு கம்பி இழைகளை ஒப்பிட்டு, நகர்வு அளவுகோடுகளும், சாய்வு அளவு கோடுகளும் எப்படி தெரியும் என்பதைப் படம்-6.18-ல் காணலாம்.

6.10 கருவியாளர் நுண்ணோக்கி (Tool makers microscope)

மிகச் சிறிய பொருள்களின் அளவையும், கோணத்தையும் நேரடியாக அளப்பது அவ்வளவு எளிதான செயல் அல்ல. எடுத்துக்காட்டாக 1 மி.மீ துளையின் விட்டத்தை எப்படி அளப்பது? கூரான ஒரு உளியின் கோணத்தை எப்படி அளப்பது?



படம்-6.20 கருவியாளர் நுண்ணோக்கி

இதைப் போன்ற துல்லியமாகவும், சரியாகவும், சிறிய, நேர் அளவுகளையும், கோண அளவுகளையும் அளப்பதற்கு பயன்படும் ஒரு கருவி தான் கருவியாளர் நுண்ணோக்கி ஆகும்.

இதில் ஒரு கண்ணாடி மேசையின் மேல் அளக்க வேண்டிய பொருள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற்கு கீழே ஒளியூட்டும் விளக்கு அமைப்பு பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

கண்ணாடி மேசைக்கு மேலே ஒரு நுண்ணோக்கி (Microscope) அமைப்பு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த நுண்ணோக்கி மூலம் மேசையின் மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கும். பொருளின் நிழல் வடிவைத் துல்லியமாகக் காணலாம்.

கண்ணாடி மேடை 360^0 சுற்றும் வகையிலும், நெடுக்காகவும், குறுக்காகவும் நகரும் வகையிலும் அமைக்கப்பட்டு, அவற்றை அளக்க துல்லியமான நுண்ணளவிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

கண்ணாடி மேடை சுற்றும் கோணத்தை அளக்கவும், வெர்னியர் கோண அளவிகள் இருக்கும்.

எனவே, இதன் மூலம் நீள அகலங்களை மட்டுமல்லாது, கோணத்தையும் அளக்க முடியும்.

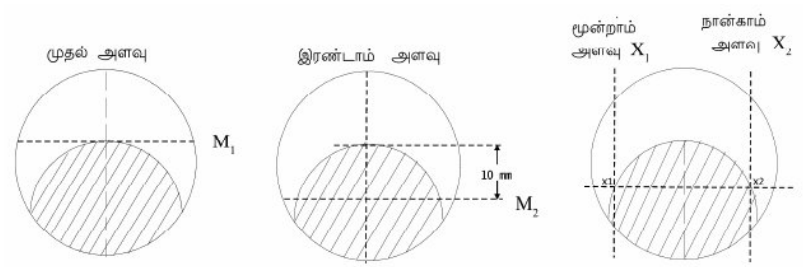
இதில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் நுண்ணோக்கி 10 முதல் 30 மடங்கு உருப்பெருக்கம் செய்ய வல்லது.

நுண்ணோக்கி அமைப்பில், இணை கோடுகளும், குறுக்குக் கோடுகளும் கொண்ட கண்ணாடித் திரையை விழியாடியில் காணலாம் (eye piece). இதனுடன் ஒப்பிட்டே, எல்லா அளவுகளும் அளக்கப்படும்.

6.10.1 பகுதிவட்டத்தின் ஆரத்தை அளத்தல்

கருவியாளர் நுண்ணோக்கியின் மேடையில் ஒரு பகுதிவட்டத்தை வைத்து, அதன் நிழல் வடிவை விழியாடியில் துல்லியமாக சரிசெய்து கொள்ளவேண்டும்.

இப்பொழுது, படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல், குறுக்குக் கம்பிகளை நகர்த்தி, M1, M2 அளவுகளையும், X1, X2 அளவுகளையும் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்த அளவுகளிலிருந்து நாண் உயரம் h, நாண் நீளம் L அளவையும் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.



படம்-6.21 நாண் நீளம், உயரம் அளத்தல்

நாண் உயரம் (chord height) $h = M_1 - M_2$

நாண் நீளம் (chord length) $L = x_1 - x_2$

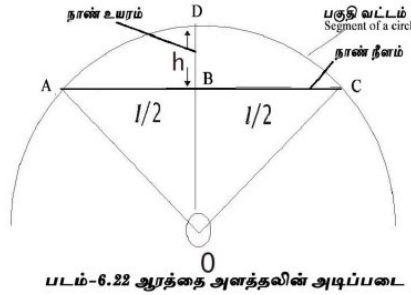
வடிவக் கணிதக் கோட்டின்படி,

$$R^2 = \left(L/2\right)^2 + (R-h)^2$$

$$R^2 = \left(L/2\right)^2 + R^2 + h^2 - 2Rh$$

$$2Rh = \left(L/2\right)^2 + h^2$$

$$\therefore \quad R = \frac{L^2}{8h} + \frac{h}{2}$$



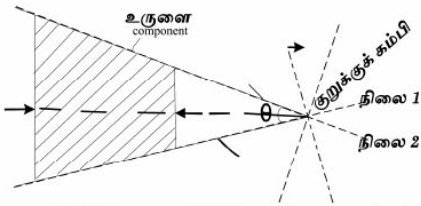
படம்-6.22 ஆரத்தை அளத்தலின் அடிப்படை

இந்த சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி, ஆரத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

6.10.2 கூம்பு உருளைகளின் விட்டத்தை, கோணத்தை அளத்தல்

கண்ணாடி மேடையின் மேல், கூம்பு முனைகள் கொண்ட தண்டுகள் பொருத்தப்பட்ட ஒரு மையத்தையும் பொருத்திக் கொள்ளலாம்.

இதன் மூலம், படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல் உருளைகளின் கோணத்தையும், விட்டத்தையும் எளிதாக அளந்து விடலாம்.

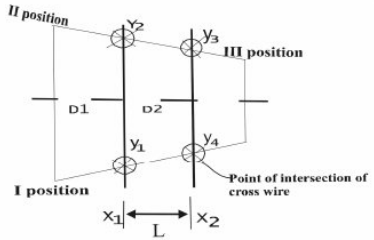


நிலை 1-ல் கோணம் = M_3

நிலை 2-ல் கோணம் = M_4

கோணம் $\theta = M_4 - M_3$

படம்-6.23 உருளைகளின் கோணத்தை அளத்தல்



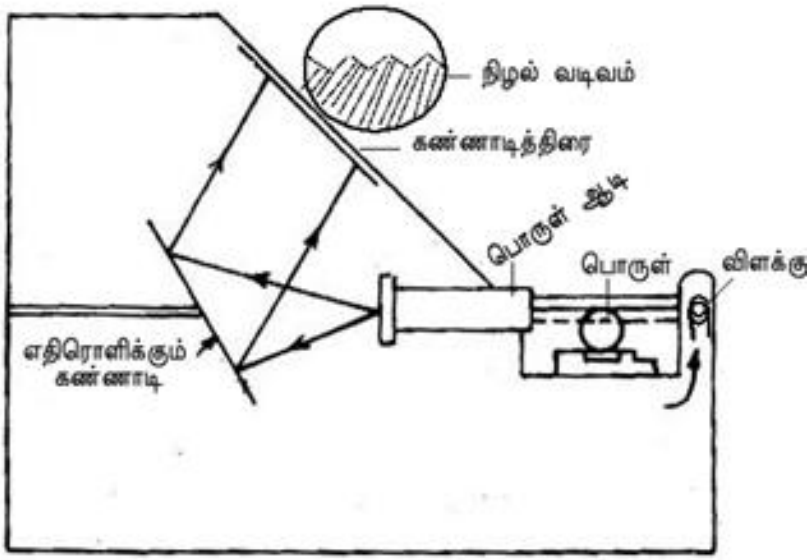
x_1- என்ற இடத்தில் விட்டம் = y_1-y_2

x_2- என்ற இடத்தில் விட்டம் = y_4-y_3

படம்-6.24 உருளைகளின் விட்டத்தை அளத்தல்

6.11 நிழல் வடிவம் காட்டி **(Profile projector)**

கருவியாளர் நுண்ணோக்கியில், ஒரு பொருளின் வடிவத்தை நுண்ணோக்கி மூலம் பார்த்து அளக்கிறோம். இதற்குமாறாக ஒரு சிறிய பொருளை ஆடிகளின் மூலம் உருபெருக்கி, ஒரு கண்ணாடித் திரையில் அதன் நிழலை விழச் செய்து, அங்கு அதனை அளக்கலாம். இந்த கருவியை நிழல் வடிவம் காட்டி என்கிறோம். இதன்மூலம், நேர் அளவுகளையும், கோணத்தையும், வடிவத்தையும் அளக்கலாம்.



படம்-6.25 நிழல் வடிவம் காட்டி

குறு வினாக்கள் :

1. கோணத்தை அளக்கப் பயன்படும் கருவிகள் யாவை?
2. சரிவுக் கோண அளவியல் குறுங்கோண அமைப்பின் தேவை என்ன?
3. சைன் சட்டத்தின் அடிப்படை என்ன?
4. சைன் மையத்தின் தேவை என்ன?
5. கூட்டு சைன்மேடையின் பயன் என்ன?
6. சாராய மட்டத்தின் பயன்கள் என்ன?
7. சாய்வு மானியின் சிறப்பு என்ன?
8. சாய்வு மானிகளின் வகைகள் யாவை?
9. கோணக் கடிகை என்றால் என்ன?
10. ஒரு பெட்டியில் உள்ள கோணக் கடிகைகள் எத்தனை? அவை யாவை?
11. கோணக்கடிகைகளைக் கொண்டு, 47^0, 33^1 12^{11} கோணத்தைத் தயாரிப்பது எப்படி?
12. சதுரத்தட்டின் பயன் என்ன?
13. தானினை ஒளிமானியின் அடிப்படை என்ன?
14. தானினை ஒளிமானியின் சிறப்புகள் என்ன?
15. கோணமானி என்றால் என்ன? அதன் பயன்கள்

யாவை?
16. நேர்படுத்து தொலைநோக்கியின் பயன் என்ன?
17. கருவியாளர் நுண்ணோக்கியின் பயன் என்ன?
18. நிழல் வடிவம் காட்டியின் பயன்கள் யாவை?

நெடு வினாக்கள் :

1. கோணத்தை அளக்கவேண்டியதின் தேவையை எடுத்துக் கூறுக. அதற்கு பயன்படும் கருவிகள் யாவை?

ஒரு சரிவுகோண அளவியின் கட்டுமானத்தின் விவரத்தை, அதைப் பயன்படுத்தும் வகையை உரிய படங்களுடன் விளக்குக.

1. சைன் சட்டத்தின் கட்டுமானத்தை விவரிக்கவும். அதன் பயன்கள் யாவை? சைன் கூட்டத்தின் திறனை உயர்த்த மேற்கொள்ளப் பட்டிருக்கும் மாற்றங்கள் யாவை?
2. சாராயமட்டத்தின் பயன்பாடுகளை உரிய படங்களுடன் விளக்குக. அதன் நிறைகுறைகள் என்ன?
3. சாய்வுமானி என்றால் என்ன? அதன் வகைகள் யாவை. ஒரு சாய்வுமானியின் கட்டுமானத்தை விவரித்து, அதன் பயன்பாடுகளையும், நன்மைகளையும் எடுத்துக் கூறுக.
4. தானிணை ஒளிமானியின் கட்டுமானத்தை உரிய படத்துடன் விவரிக்கவும். அதன் பயன்கள் யாவை? அதன் சிறப்புகள் என்ன?
5. கோணமானியின் கட்டுமானத்தை உரிய படங்களுடன் விவரிக்கவும். அதன் பயன்கள் யாவை?
6. நேர்படுத்து தொலைநோக்கியின் தேவை என்ன? அதன் கட்டுமானத்தை உரிய படங்களுடன் விவரிக்கவும்.
7. ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கியின் செயல்பாட்டை உரிய படங்களுடன் விளக்குக. அதன் பயன்கள் யாவை? அதன்மலம் ஒரு பகுதி வட்டத்தின் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?

8. நிழல் வடிவம் காட்டியின் செயல்பாட்டை உரிய படங்களுடன் விளக்குக. அதன் நிறை-குறைகள் என்ன?

7

வரம்புக் கடிகைகள்

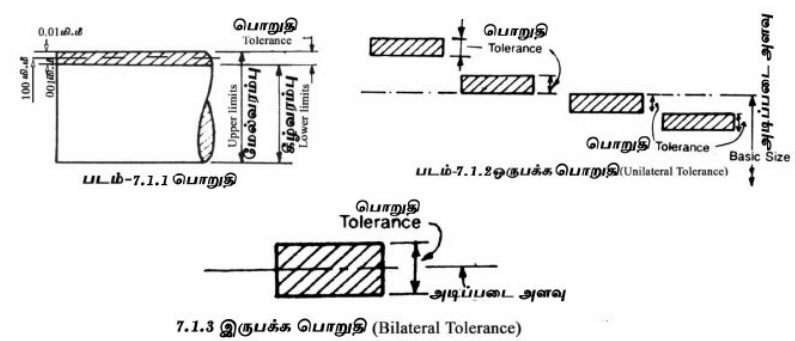
பாடம் **: 7**

வரம்புக் கடிகைகள்

(LIMIT GAUGES)

7.1 முன்னுரை

பணியாளர்கள் தொழிற்சாலைகளில் பொறிகளையும் கருவிகளையும் பயன்படுத்தி பொருட்களை உற்பத்தி செய்கிறார்கள். இந்தச் சூழலில் ஏற்படும் தவிர்க்கவியலாத சில காரணங்களால் பொருள்களின் அளவுகள் சற்று மாறும். மிகச் சரியாக ஒரு பொருளை உற்பத்தி செய்வது அரிது என்பதால் இந்த ஓரளவு மாற்றத்தைப் பொறுத்துக் கொள்ளத்தான் வேண்டும். இந்த அளவு மாறுபாட்டைப் பொறுதி (Tolerance) என்கிறோம். பொருளின் அளவு, பயன்பாடு, உற்பத்திமுறை ஆகியவற்றிற்கு ஏற்பப் பொறுதி வேறுபடும்.



படம்-7.1.1 பொறுதி

படம்-7.1.2ஒருபக்க பொறுதி(Unilateral Tolerance)

7.1.3 இருபக்க பொறுதி (Bilateral Tolerance)

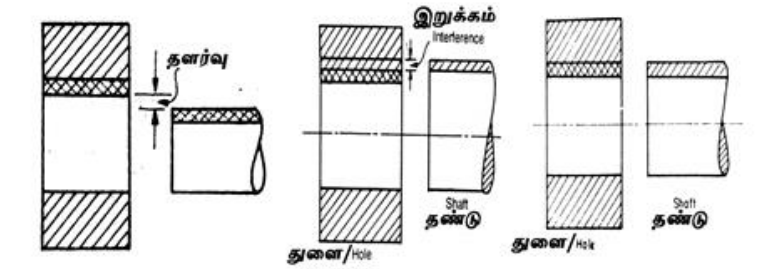
100 மி.மீ. விட்டமுள்ள தண்டின் அளவு 0,01 மி.மீ

கூடுதலாகவோ, குறைவாகவோ இருக்கலாம் என்றால் அது 100 ± 0.01 மி.மீ என்று குறிக்கப்படும். இங்குப் பொறுதியின் அளவு 0.02 மி.மீ ஆகும். தண்டு 100.01 மி.மீட்டருக்கு மிகாமலும், 99.99 மி.மீட்டருக்குக் குறையாமலும் இருக்கவேண்டும். இங்கு 100.01 மி.மீ. என்பது மேல்வரம்பு என்றும், 99.99 மி.மீ என்பது கீழ்வரம்பு என்றும் கூறப்படும். (படம் 7.1.1).

தண்டின் அளவு 100 மி.மீ என்று பெயரளவுக்குச் சொன்னாலும் அதன் உண்மையான அளவு சற்றே மாறுபடும். ஆகவே 100 மி.மீ என்பது பெயரளவு (Nominal Dimension) எனப்படும்.

7.2 இசைவளவும், பொருத்தமும்

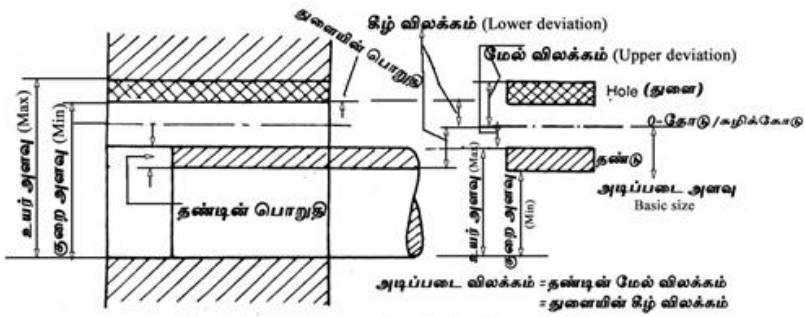
பொதுவாக, உற்பத்தியாகும் எந்த ஒரு பொருளும் தனியாக இயங்குவதில்லை. அவை வேறு பொருட்களோடு இணைந்தே செயல்படுகின்றன. அப்படி இணையும்போது அவற்றிற்கிடையே ஏற்படும் உறவு பொருத்தம் (Fit) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு அச்சில் ஒரு சக்கரம் சுழல வேண்டுமானால் அவற்றிற்கிடையே சிறிய இடைவெளி இருக்கவேண்டும். இதற்கு தளர்ப் பொருத்தம் (Loose fit) என்று பெயர். அப்படியில்லாமல் சுழலும் அச்சில் சக்கரத்தை நிலையாக, உறுதியாக இணைக்க வேண்டுமென்றால் அவற்றிற்கிடையே இடைவெளி இருக்கக் கூடாது. மேலும் சக்கரத்தின் துளையின் அளவு அச்சின் அளவைவிடச் சற்றுக் குறைவாக இருக்க வேண்டும் இதற்குப் இறுக்கப் பொருத்தம் என்று பெயர் (Interference fit). இந்த இரண்டு பொருத்தங்களுக்கும் இடைப்பட்ட பொருத்தத்திற்கு இடைப் பொருத்தம் (Transision fit) என்று பெயர்.



படம்-7.2 பொருத்த வகைகள்

ஆகவே தேவையான பொருத்தத்தைப் பெற, அச்சுக்கேற்ப சக்கரத்தின் துளை அளவையோ, சக்கரத் துளைக்கேற்ப அச்சின் அளவையோ சற்றுக் கூட்டவோ குறைக்கவோ வேண்டும். பெயரளவிலிருந்து குறிப்பிட்ட பிணைப்பு பொருத்தத்தைப் பெற நாமாக இசைந்து செய்யும் இந்த அளவு மாற்றம் இசைவளவு (Allowance) எனப்படும்.

7.3 விலக்கம், இசைவளவு, பொறுதி ஆகியவற்றின் தொடர்பு



படம்-7.3 இசைவளைவு, விலக்கம், பொருத்தம்

ஒரு பொருளின் அளவு வரம்பைத் தீர்மானிப்பதில் இசைவளவையும் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

பொறுதி, இசைவளவு, பொருத்தம், அளவு வரம்பு ஆகியவற்றையும் அதன் தொடர்பாகப் பயன்படும் வேறு சில துறைச் சொற்களையும் படம் 7.3-ல் காணலாம்.

பெயரளவிலிருந்து மேல் வரம்பும், கீழ்வரம்பும் எவ்வளவு தூரம் விலகியிருக்கிறது என்பதை 'விலக்கம்' குறிப்பிடுகிறது. பொருளின் மேல்வரம்புக்கும், பெயரளவுக்கும் இடையிலுள்ளதை மேல்விலக்கம் என்றும், கீழ்வரம்புக்கும் பெயரளவிற்கும் இடையிலுள்ளதை கீழ் விலக்கம் என்றும் கூறுவர். தண்டின் மேல்விலக்கத்தையும், துளையின் கீழ் விலக்கத்தையும் அடிப்படையாக வைத்து முறையே அவற்றின் பொறுதி நிர்ணயிக்கப்படும். ஆகவே இதற்கு அடிப்படை விலக்கம் என்று பெயர்.

தேவையான பொருத்தத்தை பெற இரண்டு பொருட்களிலும் இசைவளவைக் கொடுப்பதைவிட, தண்டையோ, துளையையோ ஆதாரமாகக் கொண்டு இசைவளவு கொடுப்பது சிறந்த முறையாகும். தண்டை ஆதாரமாகக் கொண்டு துளையில் இசைவளவு தந்தால் அதற்குத் 'தண்டு அடிப்படை முறை' என்றும், துளையை ஆதாரமாகக் கொண்டு தண்டில் இசைவளவு தந்தால் அதற்குத் துளை 'அடிப்படை முறை' என்றும் பெயர்.

சில குறிப்பிட்ட பொருள்களில், தரப்படுத்தப்பட்ட துரப்பண (துளையிடும்) உளிகளைக் கொண்டு துளைபோடுவதால், துளைகளில் அளவு மாறுபாடு செய்வது கடினம். எனவே, என்பதாலும் பொதுவாகத் துளை அடிப்படை முறையே பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால் சில சுழல் அச்சுக்களில் பொருத்தப் படவேண்டிய 'கப்பிகள்' (Bush) அந்தச் சுழல் அச்சுக்களின் அளவுக்கேற்ப மாற்றம் செய்யப்படும். இங்குத் தண்டு அடிப்படை முறை

பயன்படும்.

பெயர் அளவை அடிப்படையாகக் கொண்டு விலக்கம் நிர்ணயிக்கப் படுவதால் பெயர் அளவுக்கோடு ‘சுழிக்கோடு’ (zero line) என்றும் அழைக்கப்படும்.

அட்டவணை **1** – அளவு தொகுதிப் படிகள்

குறிப்பு:- ஒரு பொருளின் அளவு தொகுதி வரம்பில் இருந்தால் தரம்கருதி, கீழ் தொகுதியையே D – கணக்கிட எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

1-3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180

எ.கா பெயரளவி = 30 மி.மீ

அளவுத் தொகுதி 18/30

$D = \sqrt{18 \times 30}$ = 23.2 மி.மீ.

அட்டவணை **2-** பொறுதி தரப்பாடு

i = 0.45 3 $\sqrt{D}$ + 0.001 D

D = V (Geometric mean of Dia step)

பெருக்க சராசரி

IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12

7 i 10 i 16 i 25 i 40 i 64 i 100 i 160 i

IT 13	IT 14	IT 14	IT 15
250 i	400 i	640 i	1000 i

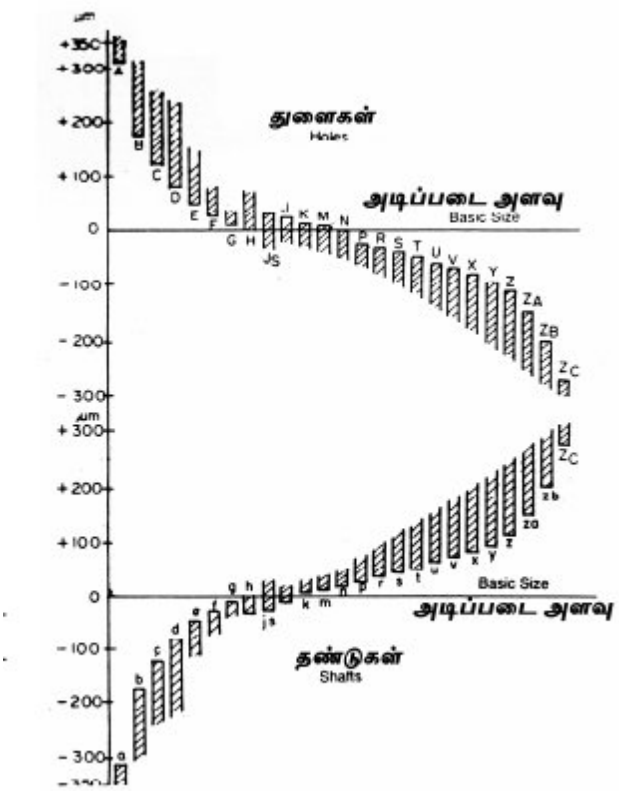
பெயர் அளவை அடிப்படையாகக் கொண்டு விலக்கம் நிர்ணயிக்கப் படுகின்றன. இதற்கு ஏதுவாக, பொருட்களின் அளவுகளை சிறு குழுக்களாகப் பிரித்துத் தரப் படுத்தியிருக்கிறார்கள் (அட்டவணை 1) இதேபோல் உற்பத்தியாகும். பொருட்களின் தரத்திற்கு ஏற்பப் பொறுதியும் பொருத்தமும் மாறுபடும். இவையும் தரப்படுத்தப்பட்டுள்ளன (அட்டவணை 2, 3) இதில் பொறுதியின் அளவு எண்களாலும், விலக்கம் ஆங்கில எழுத்துக்களாலும் குறிக்கப் படுகின்றன. ஆங்கிலப் பெரிய எழுத்து துளையின் அடிப்படை விலக்கத்தையும் சிறிய எழுத்து தண்டின் அடிப்படை விலக்கத்தையும் குறிக்கின்றன. தண்டுக்கு மேல் விலக்கமும் துளைக்குக் கீழ் விலக்கமும் அடிப்படை விலக்கங்களாகும்.

அட்டவணை **3**

500 மி.மீ வரை அளவுள்ள தண்டுக்கு உரிய அடிப்படை விலக்கங்கள்

மேல் வரம்பு (Upper deviation (es)		கீழ் வரம்பு (Lower devaiton (ei)	
தண்டு	மைக்ரான் (D மி.மீட்டரில்)	தண்டு	மைக்ரான் (D மி.மீட்டரில்)
a	= - (265 + 1.3 D) for D ≤ 120 and = - 3.5 D for D> 120	J 5 to j 8	No formula
		k4 to k8	$= +0.6\sqrt[a]{d}$
b	= - (140 +0.85 D) for D ≤ 160 = - 1.8 D for D> 160	k for grade ≤ 3 and ≥ 8	= 0
c	= - (52 $D^{0.2}$) for D ≤ 40 = - (9.5+0.8 D) for D > 40	m	= +(IT7-IT6)
		n	=5$D^{0.24}$
d	= - 16$D^{0.41}$	p	=+IT7 + 0 to 5
		r	= geometric mean of values el for p and s
e	= - 11 $D^{0.41}$	s	= IT8+1 to 4 for D ≤ 50 = +IT7 to + 0.4D for D > 50
f	= -5.5 $D^{0.41}$	t	= IT7+0.63D
g	= -5.5 $D^{0.34}$	u	= + IT7 + D
h	= 0	v	= + IT7 + 1.25 D
		x	= + IT7 + 1.6 D
		y	= + IT7 + 2 D
		z	= + IT7 + 2.5 D
		za	= + IT8 +3+3.15 D
		zb	= + IT9 + 4 D
		zc	= + IT10 + 5 D

எடுத்துக்காட்டாக ஒரு தண்டு துளை இணைப்பு



படம்-7.4 துளை, தண்டிற்கான விலக்கம்

25H8d9 என்று குறிக்கப்படும். என்றால்,

இதில் 25 – பெயரளவு

H – துளையின் அடிப்படை விலக்கம்

8 – துளையின் பொறுதித் தரம்

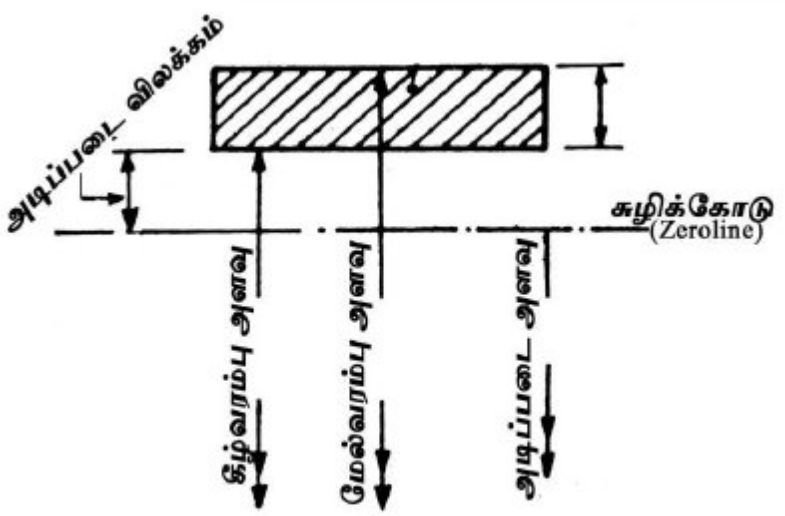
d – தண்டின் அடிப்படை விலக்கம்

9 – தண்டின் பொறுதித் தரம்

கணக்கு: 25H8d9 என்று குறிக்கப்படும் துளை – தண்டு இணைப்பில் துளை, தண்டு ஆகியவற்றின் அளவு வரம்புகளைக் கணக்கிடுக.

தீர்வு:–

படி**1** :- பெருக்க சராசரி D -யின் மதிப்பைக் காணவேண்டும்.



படம்–7.5.1 துளையின் இசைவளவும் பொறுதியும்

இதற்கு முதலில் 25 மி.மீ என்ற பெயரளவு எந்த அளவுத் தொகுதியில் உள்ளது என்பதை அட்டவணை 1-லிருந்து காண வேண்டும்.

25மி.மீ என்பது 18-30 அளவுத் தொகுதியில் உள்ளது.

ஆகவே $D = \sqrt{18x30} = 23.2$ மி.மீ

படி**2 :-** அடிப்படைப் பொறுதி i – ன் மதிப்பைக் காணவேண்டும்.

$i = 0.45x\sqrt[3]{D} + 0.001\ D$

$= 0.45\ x\sqrt[3]{23.2} + 0.001x\ 23.2$

$= 1.308$

$= 1.3\ \mu$ (மைக்ரான்)

படி**3 :-** துளையின் இசைவளவும், பொறுதியும் காண வேண்டும்.

(i) H – துளையின் அடிப்படை விலக்கம் = 0 (அட்டவணை 3-லிருந்து)

(ii) துளையின் பொறுதித் தரம்

IT8 = 25 i (அட்டவணை 2-லிருந்து)

எனவே, $IT8 = 25 \times 1.3$

$= 32.5\ \mu = 33$ மைக்ரான்.

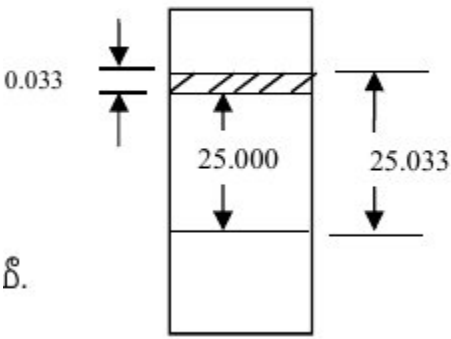
படி**4 :-** துளையின் அளவு வரம்புகள்

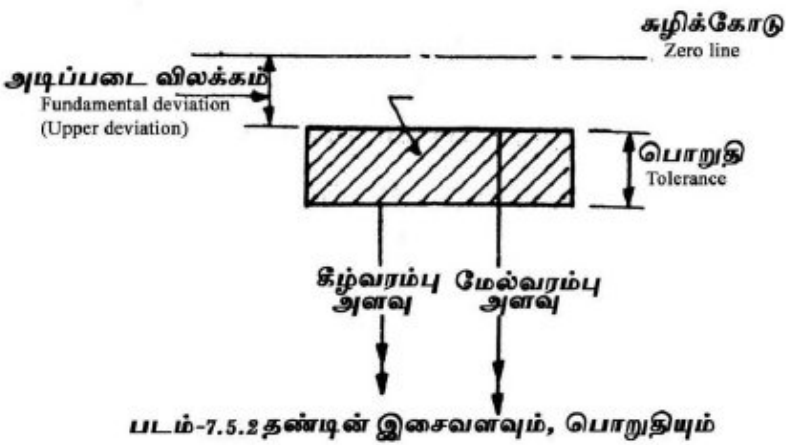
துளையின் கீழ் வரம்பு = 25.000 + 0.000

= 25.000 மி.மீ.

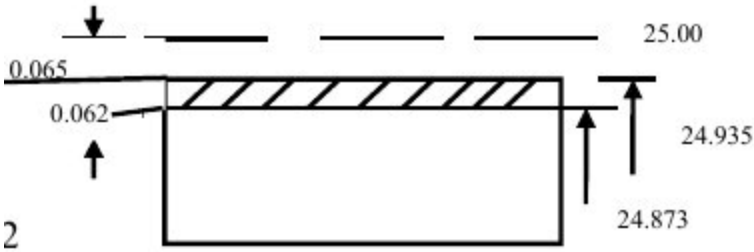
துளையின் மேல்வரம்பு = 25.000 + 0.033 மி.மீ.

= 25.033 மிமீ





படம்-7.5.2 தண்டின் இசைவளவும், பொறுதியும்



படி**5 :-** தண்டின் இசைவளவு, பொறுதியைக் காணவேண்டும்.

(i) *d* துணையின் அடிப்படை விலக்கம்

= – 16 D 0.44

= – 16 x (23.2) 0.44

= – 65 .μm

(i i) தண்டின் பொறுதி தரம் = IT9

IT9 = 40 i

= 40 x 1.3

= 62 μm

∴ தண்டின் பொறுதி 0.062 மி.மீ.

படி**6 :-** தண்டின் அளவு வரம்புகள்

தண்டின் மேல்வரம்பு = 25 – 0.065

= 24.935 மி.மீ

தண்டின் கீழ்வரம்பு = 24.935 – 0.062

= 24.873 மி.மீ.

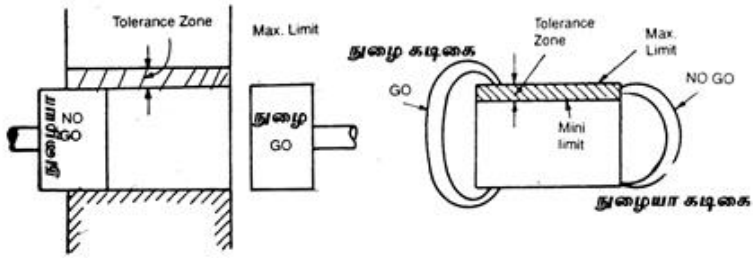
7.5.4 நுழை, நுழையாக் கடிகைகள்

பொருட்களை உற்பத்தி செய்யும் போது அதன் அளவு சரியாக எவ்வளவு இருக்கிறது என்று கருவிகளைக் கொண்டு அளந்து பார்ப்பது ஒருமுறை. பொருட்களை உருவாக்கும் போது பெயரளவிலிருந்து எவ்வளவு மாறுபடுகிறது என்று தெரிந்து கொண்டு அதற்கேற்பச் செயல்முறையைக் கட்டுப்படுத்தும் போது இம்முறை பயன்படும்.

ஆனால் பெருவாரியாகப் பொருட்களை உற்பத்தி செய்யும் போது, ஒவ்வொன்றையும் அளந்து பார்த்துக் கொண்டிருப்பது தேவையில்லாதது. நேரம் எடுக்கக் கூடியது, உற்பத்தி வேகத்தைத் தடுக்கக் கூடியது. ஆகவே பொருட்களின் அளவுகள் வரம்புக்குள் உள்ளனவா என்று பார்த்தாலே போதும்.

இதை எப்படிச் செய்வது?

ஒரு துளையின் விட்டம் சரியாக இருக்கிறதா என்பதை அதே அளவிலான தண்டை (Plug gauge) வைத்துச் சரிபார்க்கலாம். இதைப் போலவே ஒரு தண்டின் அளவை ஒரு வளையத்தைக் கொண்டு சரிபார்க்கலாம். (Ring gauge)



படம்-7.6 மேல்கீழ் வரம்புகளை சரிபார்த்தல்

ஆனால் ஒரு 100 மி.மீ வளையத்தைக் கொண்டு 100 மி.மீ தண்டைச் சரிபார்க்கும் போது, அது 100 மி.மீட்டருக்கும் குறைவாக இருந்தால் மட்டுமே வளையம் உள்ளே நுழையும். சற்றுக் கூடுதலாக இருந்தாலும் உள்ளே நுழையாது. மேலும் ஒரு பொருளுக்கு இரண்டு அளவு வரம்புகள் உண்டு. 100 மி.மீ தண்டின் பொறுதி-1 மி.மீ என்றால், தண்டு 100 மி.மீட்டருக்கு அதிகமாகாமலும், 99 மி.மீட்டருக்கு குறையாமலும் இருக்கவேண்டும். ஆகவே 100 மி.மீ. வளையம் ஒரே ஒரு நிலையான அளவை 100 மி.மீட்டருக்கு அதிகமில்லாமல் இருக்கிறதா என்பதை மட்டுமே சரிபார்க்கப் பயன்படும். 99 மி.மீட்டருக்கு குறையாமல் இருக்கிறதா என்பதை சரி பார்க்காது. இச்சிக்கலைப் போக்க ஒரு வளையத்திற்குப் பதில், கீழ் வரம்புக்குச் சமமான ஒரு வளையம், மேல் வரம்புக்குச் சமமான ஒரு வளையம் என இரண்டு வளையங்களைப் பயன்படுத்தலாம்.

தண்டின், மேல் வரம்புக்குச் சமமான வளையத்தில் தண்டு நுழைய வேண்டும். அப்பொழுதுதான் அது மேல் வரம்புக்குள் இருக்கிறது என்று பொருள். ஆகவே பொருளின் மேல் வரம்பு சரியாக இருந்தால் இந்த வளையம் உள்ளே நுழையும். ஆகவே இதற்கு நுழை வளையக் கடிகை (Go – Gauge) என்று பெயர். கீழ் வரம்புக்கு ஈடான வளையம் நுழையக் கூடாது. அப்படி நுழைந்தால் அது கீழ் வரம்புக்கும் குறைவாக இருக்கிறது என்று பொருள். ஆகவே இதனை நுழையா (No-Go) அல்லது நுழையக்கூடாத வளையக் கடிகை என்று கூறுகிறோம். இவற்றை வளையக் கடிகைகள்

என்று கூறுவர்.

இதேபோல் ஒரு துளையின் மேல் வரம்புக்குச் சமமான வரம்பை நுழையாத் தண்டு வடிவக் கடிகையும், கீழ் வரம்புக்குச் சமமான வரம்பை நுழை தண்டு வடிவ கடிகையும் சரிபார்க்கின்றன. இந்தக் கடிகைகளை முளைக் கடிகைகள் (Plug gauges) என்று கூறுவர்.

7.5 வரம்புக் கடிகைகளின் வகைகள்

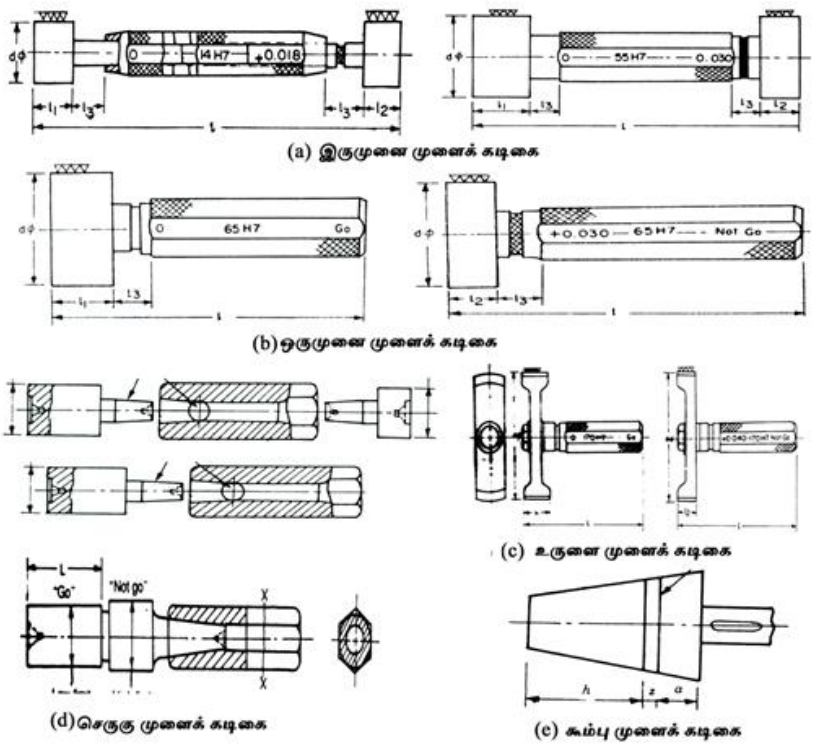
வரம்புக் கடிகைகளின் வகைகளைப் படம் – 7.7ல் காணலாம். துளைகளைச் சரிபார்க்க முளைக் கடிகைகள் பயன்படுகின்றன. அவை கையாள்வதற்கு ஏதுவாக, ஒரு கைப்பிடியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு கைப்பிடியில் ஒரு நுழைக் கடிகையோ, நுழையாக் கடிகையோ மட்டும் பொருத்தப்பட்டிருந்தால் அதை ஒரு முனைக்கடிகை என்றும், நுழைக் கடிகை ஒரு முனையிலும் நுழையாக் கடிகை மறு முனையிலும் பொறுத்தப் பட்டிருந்தால் அதை இருமுனைக் கடிகை எனவும் கூறுவர்.

நுழைக் கடிகையும், நுழையாக் கடிகையும் அளவில் சில மைக்ரான்களே மாறுபடும். ஆகவே அவற்றில் எது நுழை கடிகை, எது நுழையாக் கடிகை என்று பார்த்து கண்டுபிடிப்பது கடினம். இந்த சிக்கலைப் போக்க பொதுவாக நுழைக் கடிகைகள் நீளமாகவும், நுழையாக் கடிகைகள் குட்டையாகவும் இருக்கும். மேலும் நுழையாக் கடிகைகளுக்கு அருகில் சிவப்புக் கோடும் போடப்பட்டிருக்கும்.

ஒவ்வொரு கடிகையின் மேலும் அது சரி பார்க்கும் பெயரளவு, இசைவளவு, பொறுதி தரம் ஆகிய

குறிப்புகள் பொறிக்கப்பட்டிருக்கும்

பொருள்களின் அளவுகள் (1-50 மி.மீ) இருக்கும்போது இருமுனைக் கடிகைகளைப் பயன்படுத்துவது எளிது; விரைவானது. ஆனால் அளவுகள் 50 மி.மீட்டருக்கும் அதிகமாகும் போது கடிகைகளின் எடையும் அதிகமாகி விடுவதால் கையாள்வது கடினமாகிவிடும். ஆகவே கையாள்வதற்கு வசதியாக ஒருமுனைக் கடிகைகள் பயன்படுத்தப்படும். (படம்-7.7b)



(a) இருமுனை முளைக் கடிகை

(b) ஒருமுனை முளைக் கடிகை

(c) உருளை முளைக் கடிகை

(d) செருகு முளைக் கடிகை

(e) கூம்பு முளைக் கடிகை

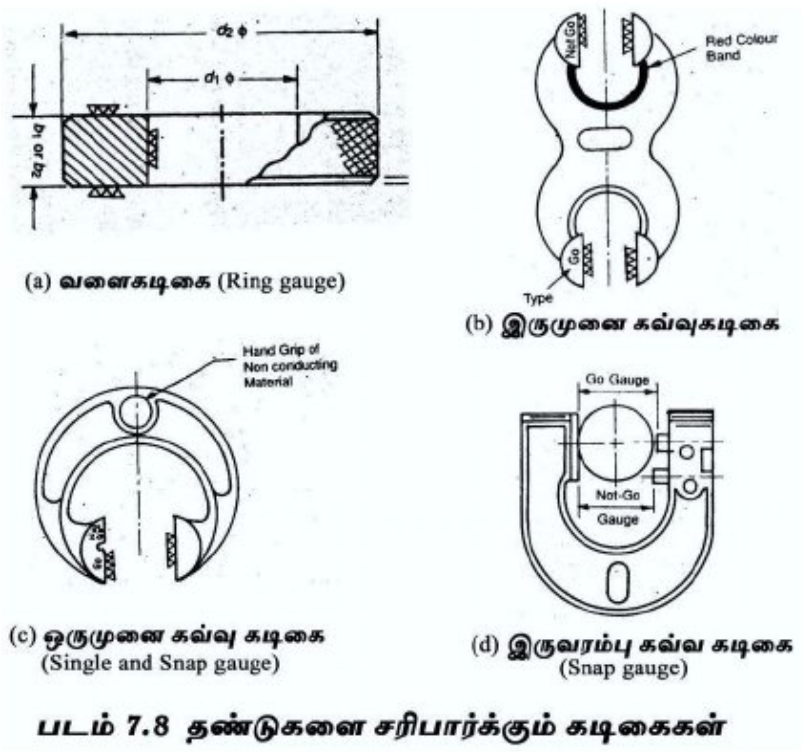
படம்-7.7 துளைகளைச் சரிபார்க்கும் முளைக் கடிகை

அளவுகள் மேலும் அதிகமாகும்போது ஒரு முனைக்

கடிகைகளை கையாள்வதும் கடினமாகிவிடும். அதற்குக் கடிகைகளின் எடையைக் குறைக்க குழாய் வடிவத்தையோ அல்லது பக்கங்கள் வெட்டப்பட்ட உருளையையோ பயன்படுத்தலாம். (படம்-7.7c)

ஒரு பொருளுக்குப் பல கடிகைகள் தேவைப்படும்போது கடிகைகளை ஒரு கைப்பிடியில் நிரந்தரமாக இணைத்துவிடாமல் தேவைப்படும்போது செருகிப் பயன்படுத்தும் வகையில் உருவாக்கப் பட்டிருக்கும். அவற்றை செருகு கடிகைகள் (Insert gauge) என்று கூறுவர். (படம்-7.7d)

தண்டு வடிவப் பொருட்களைச் சரிபார்க்க வளையக் கடிகைகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இங்கும் அளவுகள் அதிகமாகும்போது வளையக் கடிகைகளைப் பயன்படுத்துவதற்கு பதில் கவ்வுக் கடிகைகள் (Snap Gauges) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒரு உலோகச் சட்டத்தின் ஒரு முனையில் கடிகைகள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். (படம்-7.8)



(a) **வளைகடிகை** (Ring gauge)

(b) **இருமுனை கவ்வுகடிகை**

(c) **ஒருமுனை கவ்வு கடிகை** (Single and Snap gauge)

(d) **இருவரம்பு கவ்வ கடிகை** (Snap gauge)

படம் 7.8 தண்டுகளை சரிபார்க்கும் கடிகைகள்

இரண்டு வரம்புகளையும், ஒரே நேரத்தில் சரிபார்க்கும் ஒரு முனை கவ்வுக் கடிகைகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இதில் வரம்புகளை மாற்றி அமைப்பதும் எளிது. (படம் 7.8d)

துளை – தண்டு வடிவங்களைத் தவிர இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட துளைகளுக்கு இடையிலான தொலைவு ஆகியவற்றை சரிபார்க்கும் கடிகைகளும் உள்ளன. இவற்றிற்கு இடச் சார்ப்புக் கடிகைகள் (Position Gauges) என்கிறோம்.

திருகு மறையின் வடிவம், வட்ட ஆரம் போன்று பொருட்களின் வடிவங்கள் சரிபார்க்கும் கடிகைகளை வடிவக் கடிகைகள் (Contour gauges) என்று கூறுவர். கூம்புத் துளைகளை அல்லது தண்டைச் சரிபார்க்கும்

கடிகைகளை முறையே கூம்பு முளைக் கடிகை என்றும், கூம்பு வளையக் கடிகை என்றும் கூறுவர்.

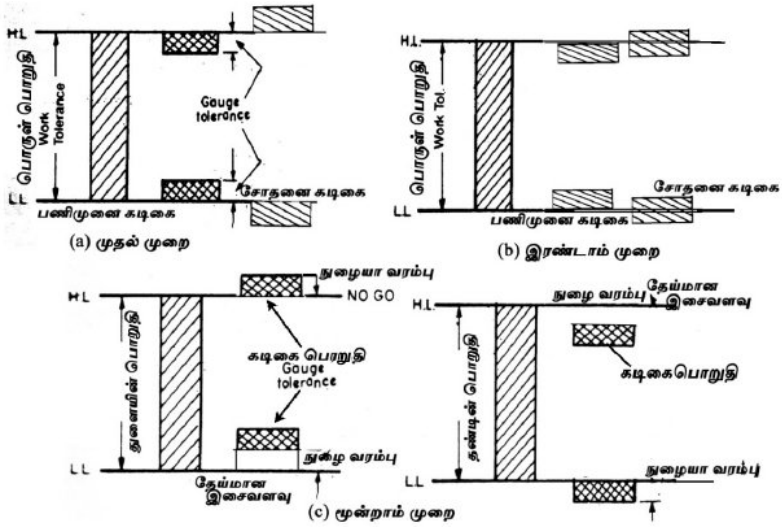
7.6 வரம்புக் கடிகைகளை வடிவமைத்தல்

பொருட்களுக்குப் பொறுதியும், இசைவளவும் வழங்கப்படுவதைப் போல் வரம்புக் கடிகைகளுக்கும் பொறுதியும், இசைவளவும் வழங்கப்படவேண்டும். வரம்புக் கடிகைகளின் பொறுதி அது சரிபார்க்கும் பொருளின் பொறுதியில் 10-ல் ஒரு பங்கு என்பது பொதுவான கொள்கை. மேலும் நுழையும் கடிகைகள் அடிக்கடி நுழைந்து வெளிப்படுவதால் அவை விரைவில் தேய்வதற்கு வாய்ப்புகள் அதிகம். ஆகவே நுழையும் கடிகைகளுக்கு தேய்மானத்தை ஈடு செய்ய தேய்மான இசைவளவு (Wear allowance) தரப்படுகிறது. இந்த இசைவளவு பொருளின் பொறுதியில் 10-ல் ஒரு பங்கு ஆகும். பொருளின் பொறுதி 0.087 மி.மீ க்கு மேல் இருக்கும் போது மட்டுமே தேய்மான அளவு தரப்படுகிறது.

கடிகைகளுக்குத் தரப்படும் பொறுதி பொருளின் அளவு வரம்புகளைக் கருத்தில் கொண்டு முடிவு செய்ய வேண்டும்.

7.6.1 கடிகைகளின் பொறுதி தரப்பாடு

ஒரு பொருளை அளவைச் சரிபார்க்கும் கடிகைகளுக்குத் தரப்படும் பொறுதியின் நிலைப்பாடு மூன்று முறைகளில் தரப்படுகிறது. இதில் சிறந்த முறை எது?

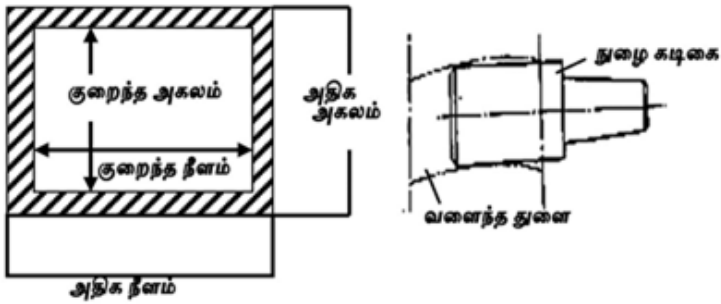


படம்- 7.9 கடிகைகளின் பொறுதி (Gauge Tolerance)

முதல் வகையில் துளையின் கீழ்வரம்பு அளவு சற்றுக் குறைவாக இருந்தாலும், அந்தப் பொருள் சரியென்றே நுழைகடிகை ஏற்றுக் கொள்ளும். ஆனால் மூன்றாம் வகையில் பொறுதி தரப்பட்ட நுழை கடிகை துளையின் அளவு சரியாக இருக்கும் போதும் சரியில்லை என்று ஒதுக்கிவிடும் ஆனால் இந்த வகையில் மிகச்சரியான தரமான பொருட்களே ஏற்கப்படும். நுழையா வரம்புக் கடிகைகளுக்கு முதல் முறையில் பொறுதி தரப்பட்டால் தரமான பொருட்கள் கிடைக்கும்.

இந்த அடிப்படையில் தான் டெய்லர் என்பவர்,

1. நுழையும் வரம்புக் கடிகை நுழைவதற்கு அதிகத் தடையுடனும்,
2. நுழையா வரம்புக் கடிகை நுழைவதற்கு ஏதுவாகவும் பொறுதிகள் கொடுக்கப்பட வேண்டும் என்ற விதிகளைக் கூறினார்.



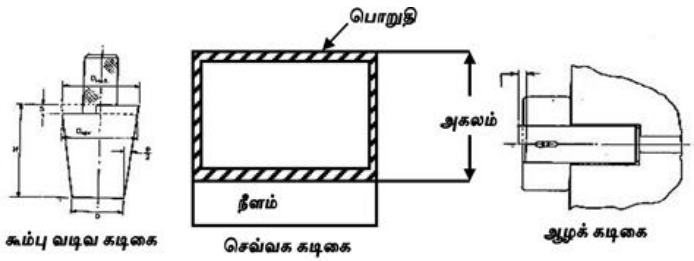
படம்-7.10 நுழைகடிகை எல்லா அமைப்புகளையும் சரிபார்க்கவேண்டும்

ஆகவே. இந்த மூன்றாம் முறையே பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த முறைப்படி அமைக்கப்படும் பொறுதி நிலைப்பாடு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு துளையின் தரம் அதன் விட்டத்தை மட்டும் பொருத்ததல்ல. அதன் ஆழமும், வடிவமும், நேர்தன்மையும் கூட இன்றியமையாத கூறுகளாகும். (படம்-7.10) எனவே ஒரு நுழையும் கடிகை என்பது துளையின் விட்டத்தை மட்டும் சரிபார்க்காமல் அதன் எல்லாக் கூறுகளையும் ஒரே நேரத்தில் சரிபார்க்க வேண்டும் என்பது டெய்லரின் விதி ஆகும்.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அளவுகளைக் கொண்ட ஒரு பொருளை நுழையாக் கடிகை மூலம் சரிபார்க்கும் போது எல்லா அளவுகளும் சரியாக இருந்து, ஒரு அளவு மட்டும் தவறாக இருந்தாலும் அந்தப் பொருள் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுவிடும். எடுத்துக் காட்டாக, படம்-7.10-ல் காட்டப்பட்டுள்ள செவ்வகத் துளையை ஒரே ஒரு நுழையாக் கடிகையைக் கொண்டு சரிபார்க்கும் போது, நீளம் மட்டும் சரியாக இருந்து, அகலம் அதிகமாக அதாவது மேல்வரம்புக்கும் அதிகமாக இருந்தாலும் கடிகை நுழையாது. எனவே அது சரியென்று ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டு விடும். ஆனால் நீளத்திற்கு ஒரு நுழையாக் கடிகையையும் அகலத்திற்கு ஒரு நுழையாக்

கடிகையையும் பயன்படுத்தும் போது அகலம் அதிகமாக இருக்கிறது என்பது தெரிந்துவிடும்.



படம்-7.11 கடிகைகளின் வகைகள்

ஆகவே ஒவ்வொரு அளவுக்கும் தனித்தனியான நுழையாக் கடிகைகள் பயன்படுத்தப் படவேண்டும் என்பதும் டெய்லரின் விதி ஆகும்.

சில நேரங்களில் எது நுழையும் வரம்பு, எது நுழையா வரம்பு என்ற குழப்பம் ஏற்படலாம். அதை நீக்குவதற்கு கீழ்க்காணும் விதி பயன்படுகிறது.

“நுழைகடிகை பொருள் மிகுந்த வரம்பையும், நுழையாக் கடிகை பொருள் குறைந்த வரம்பையும் சரிபார்க்கும்”

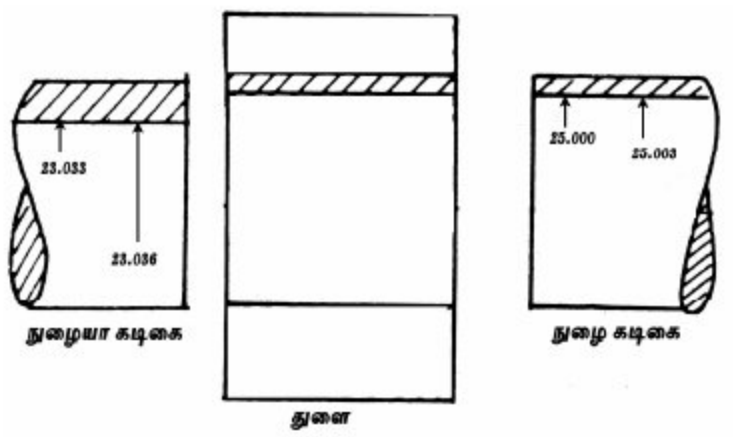
எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு தண்டில் மேல்வரம்பில் பொருள் மிகுந்திருக்கும், கீழ்வரம்பில் பொருள் குறைந்திருக்கும். ஆனால் ஒரு துளையில் மேல் வரம்பில் பொருள் குறைந்திருக்கும். கீழ் வரம்பில் பொருள் மிகுந்திருக்கும் (படம்-7.11)

கணக்கு**2:** 25H8d9 என்ற குறிக்கப்பட்டிருக்கும் துளை

தண்டு இணையை சரிபார்க்கத் தேவையான வரம்புக் கடிகைகளை வடிவமைத்து தருக.

தீர்வு: இங்குக் குறிப்பிடப்படும் துளை – தண்டு ஆகியவற்றுக்கான அளவு வரம்புகள் ஏற்கனவே கணக்கு 1-ல் கணக்கிடப் பட்டிருக்கின்றன. அதன்படி முதலில் பொருட்களின் வரம்புகளைக் காண வேண்டும். (படி 1 முதல் 6 வரை)

படி7:- துளையைச் சரிபார்க்கும் கடிகைகளின் வரம்புகளைக் காண வேண்டும்.



(i) துளையின் பொறுதி 0.033 மி.மீ

ஆகவே, துளையைச் சரிபார்க்கும் கடிகைகளின் பொறுதி

= 1/10 x 0.033 மி.மீ

= 0.0033 மி.மீ

= 0.003 மி.மீ

(ii) துளையின் பொறுதி 0.087 மி.மீக்கும் குறைவாக இருப்பதால் தேய்மான இசைவளவு = 0

(iii) ஆகவே நுழையாக் கடிகையின் வரம்புகள் (பொருள் குறைந்த வரம்பு) (படம் 9c)

கீழ் வரம்பு = 25,033 மி.மீ

மேல் வரம்பு= 25.033 + 0.003

= 25.036 மி.மீ.

(iv) நுழைக் கடிகையின் வரம்புகள் (பொருள் மிகுந்த வரம்பு)

கீழ்வரம்பு = 25.000 மி.மீ

மேல்வரம்பு = 25.003 மி.மீ

படி**8:-** தண்டை சரிபார்க்கும் கடிகைகளின் வரம்புகள் காணவேண்டும்

(i) தண்டின் பொறுதி : 0.062 மி.மீ

எனவே கடிகைகளின் பொறுதி = $\frac{0.062}{10}$ மி.மீ

= 0.0062 மி.மீ

= **.006** மி.மீ

(ii) தண்டின் பொறுதி 0.087 மி.மீக்கும் குறைவாக இருப்பதால் தேய்மான இசைவளவு = 0

(iii) ஆகவே நுழையாக் கடிகையின் வரம்புகள்

மேல் வரம்பு = 24.873

கீழ் வரம்பு = 24,873-0.006

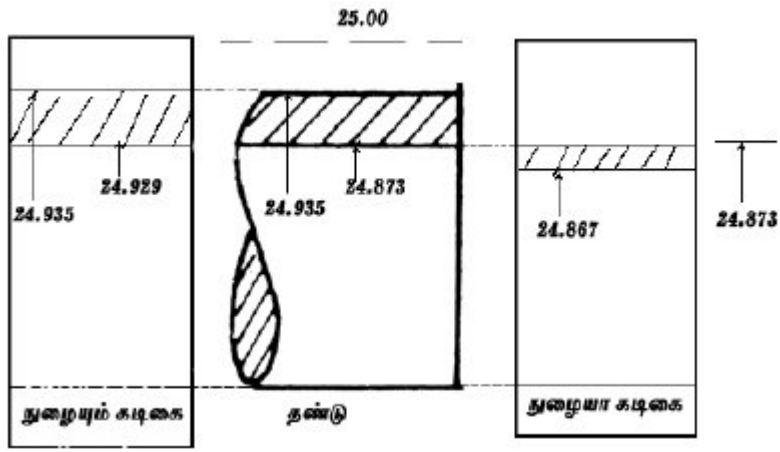
= **24.867** மி.மீ

(iv) நுழைவுக் கடிகையின் வரம்புகள்

மேல்வரம்பு = 24.935 மி.மீ

கீழ்வரம்பு = 24.935 – 0.006 மி.மீ

= **24.929** மி.மீ



கடிகைகளுக்குப் பயன்படும் உலோகம்

கடிகைகளுக்கு சில பயன்பாட்டுத் தேவைகள் உண்டு. அவை

1. நீண்ட நாட்கள் உழைக்க வேண்டும்.
2. அதன் வாழ்நாளில் அளவுகள் மாறாமல் நிலையாக இருக்க வேண்டும்.
3. தேய்மானம் இருக்கக் கூடாது.
4. வெப்பத்தால் அளவு மாறுபாடு இருக்கக் கூடாது.
5. அரிப்பைத் தடுக்க வேண்டும்.
6. எளிதாக உருவாக்க முடிய வேண்டும்.

இத்தேவைகளை நிறைவேற்றும் வகையில் உலோகங்களைத் தேர்வு செய்ய வேண்டும். ஆனால் அப்படிப்பட்ட ஒரு உலோகம் கிடைப்பது அரிது. ஏனென்றால் தேய்மானத்தைத் தடுக்கும் உலோகம் வன்மையாக இருக்கும். வன்மையாக இருக்கும் உலோகத்தை எளிதில் உருமாற்றம் செய்ய முடியாது. விலை குறைவான உலோகம் நீண்ட நாட்கள் உழைக்காது.

எனவே, இந்தத் தேவைகளை மட்டும் கருதாமல், கடிகையால் சரிபார்க்கப்படும் பொருள் எந்த உலோகத்தால் ஆனது, எத்தனைப் பொருட்கள் சரிபார்க்கப் படவிருக்கின்றன, எவ்வளவு காலம் கடிகை பயன்படப்போகிறது என்ற விவரங்களையும் கருதிப் பார்த்து உலோகத்தைத் தேர்வு செய்ய வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டாக, பிளாஸ்டிக் பொருட்களைச் சரிபார்க்கும் கடிகைக்கு வன்மையான உலோகம் தேவையில்லை. இதேபோல் எண்ணிக்கையில் குறைவான ஒரு சில பொருட்களை மட்டும் சரிபார்க்க வேண்டுமென்றாலும் வன்மையான உலோகம் தேவையில்லை, சற்று மென்மையான விலை குறைந்த எளிதில் உருமாற்றம் செய்யக் கூடிய உலோகமே போதும்.

கீழ்க்காணும் உலோகங்கள் பொதுவாக கடிகைகளுக்கு பயன்படுகின்றன.

1. மென் எஃகு (Mild Steel)
2. மிகு கரிம எஃகு (High Carbon Steel)
3. கலப்பு எஃகு (Alloy Steel)
4. கண்ணாடி (Glass)

மிகு கரிம எஃகு கடிகைகளுக்குப் பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனென்றால் அவற்றை தகுந்த வெப்ப நடக்கை (Heat Treatment) மூலம் மென்மையாக்கவோ, வன்மையாக்கவோ முடியும். உருமாற்றம் செய்வதும் எளிது; விலையும் குறையும்.

குறு வினாக்கள் :

1. பொறுதி என்றால் என்ன? அதன் தேவை என்ன?
2. ஒரு அளவை சரிபார்க்க இரண்டு கடிகைகள் ஏன் தேவைப்படுகின்றன.
3. விலக்கம் என்றால் என்ன?
4. பொருத்தம் என்றால் என்ன? அதன் வகைகள் யாவை?
5. வரம்புக் கடிகை என்றால் என்ன? அதன்வேலை என்ன?
6. கடிகைகளின் பயன்பாட்டுத் தேவைகள் என்ன?
7. தேய்மான இசைவளவு என்றால் என்ன?

நெடு வினாக்கள் :

1. பொறுதி, இசைவளவு ஆகியவற்றின் வேறுபாட்டை விளக்குக.
2. துளை – தண்டு பொருத்தப் படத்தை வரைந்து பொறுதி, இசைவளவு, விலக்கம், வரம்பு ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடுக.
3. வரம்புக் கடிகைகள் எப்படி வகைப்படுத்தப் படுகின்றன?
4. வரம்புக் கடிகை எப்படி வடிவமைக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்குக.

5. வரம்புக் கடிகையின் வடிவமைப்புக்குரிய டெய்லரின் விதிகளைக் கூறி விளக்குக.
6. வரம்புக் கடிகைகளுக்கு உரிய மூன்று பொறுதி நிலைப்பாடுகளை படம் வரைந்து விளக்குக. அவற்றின் நன்மை தீமைகளை தெளிவாகக் கூறுக.
7. வரம்புக் கடிகைகளுக்குப் பயன்படும் உலோகங்கள் என்ன? அவை எந்த அடிப்படையில் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன?

பயிற்சி கணக்குகள்

1. 50H7d8 என்று குறிக்கப்படும் துளை – தண்டு உறுப்புக்களின் அளவுகளைச் சரிபார்க்கத் தேவையான வரம்புக் கடிகளின் அளவுகளைக் கணக்கிடுக.
2. 20D8g9 என்று குறிக்கப்படும் துளை – தண்டு உறுப்புக்களைச் சரிபார்க்கத் தேவையான வரம்புக் கடிகைகளை வடிவமைத்துத் தருக. இந்த வரம்புக் கடிகைகள் 10,000 உறுப்புக்களைச் சரிபார்க்கத் தேவைப்படுகிறது. தேவையான மற்ற விவரங்களைக் கருதிக் கொண்டு தெளிவாகக் குறிப்பிடுக.
3. ஒரு 50 x 30 மி.மீ செவ்வகத் துளையைச் சரிபார்க்கத் தேவையான வரம்புக் கடிகைகளை வடிவமைத்துத் தருக.
4. உங்களுக்கு அறிமுகமான ஒரு தொழிற்சாலையில் எந்த வகை வரம்புக் கடிகைகள் எங்கு பயன்படுகின்றன என்ற விவரங்களைச் சேகரித்துத் தருக.

8

திருகுபுரி அளத்தல்

பாடம் **: 8**

திருகுபுரி அளத்தல்

SCREW THREAD MEASUREMENT

8.1 முன்னுரை**:**

திருகு புரிகள் மரையாணிகளிலும் (Bolts), மரைகளிலும் (Nuts) காணப்படும். மரையாணிகளும், மரைகளும் இரண்டு பொருட்களை இணைப்பதற்கு பெரும்பாலும் பயன்படுகின்றன. இவை பொறியியல் சாதனங்கள் பலவற்றிலும் பயன்படும்.

பல பொறிகளிலும், கருவிகளிலும், ஒரு பொருளை நகர்த்துவதற்கும் மரையாணிகள் பயன்படுகின்றன. ஒரு துருவுப் பொறியின் மேடை, ஒரு கடைசல் பொறியின் உளி ஆகியவை ஒரு மரையாணியின் மூலமே இயக்கப்படுகின்றன. மேலும் நுண்ணளவி போன்ற அளக்கும் கருவிகளிலும் துல்லிய மரையாணிகள் பயன்படுகின்றன.

ஒரு மரையாணியில் உள்ள மரையைப் பிடித்துக்கொண்டு, மரையாணியைச் சுற்றும்போது நகரும். மரையோடு ஒரு மேடையை இணைத்துவிட்டால் மேடையும் நகரும்.

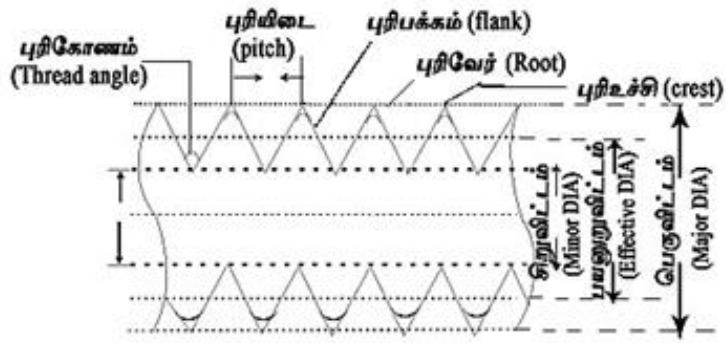
ஒரு மரையை மரையாணியோடு இணைத்து பயன்படுத்த வேண்டுமானால் இரண்டும் சரியாக பொருந்தி இருக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, மரையாணியின் பெருவிட்டமும், மரையின் பெருவிட்டமும் சரியாக இருக்க வேண்டும். மரையின் பெருவிட்டம் பெரிதாக இருந்தால், அது மரையணிக்குள் செல்லாது.

இதைப்போலவே புரியிடைத் (pitch) தூரம் சரியாக

இல்லை என்றாலும் மரையை மரையாணிக்குள் செலுத்த முடியாது.

திருகுபுரியை கடைசல் பொறியிலோ, மற்ற பொறிகளிலோ உருவாக்கும் போது, அவற்றில் பிழைகள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டு. ஆகவே, அந்த பிழைகள் நேராவண்ணம் கண்காணிப்பதற்கும், நீக்குவதற்கும் அவற்றை அளந்து சரிபார்ப்பது இன்றியமையாத செயலாகும். அவற்றை அளக்கும் முறைகள் இங்கு விளக்கப்படுகின்றன.

8.2 திருகுபுரி கலைச்சொற்கள் **(Screw thread terminology)**



படம்-8.1 திருகுபுரியின் பகுதிகள்

1. திருகு புரி **(Screw thread)**

திருகுபுரி என்பது ஒரு வட்ட உருளை அல்லது கூம்பின் மேலேயோ அல்லது ஒரு துளையின் உள்ளேயோ V-வடிவில் போடப்பட்டிருக்கும் சுருளையான பள்ளமாகும்.

1. பல தொடக்கத் திருகு புரி **(Multiple start thread):**

சம இடைவெளியில் இரண்ட அல்லது மூன்று சுருளை புரிகள் இணையாக போடப்பட்டிருக்கும். திருகு புரியின் வலிமை கெடாமல் வேகமாக முடுக்குவதற்கு இது பயன்படும். ஒரு சுற்றுக்கு எத்தனை தொடக்கம் இருக்கிறதோ, அந்த அளவு வேகமாக உள்ளே செல்லும்.

1. புரி உச்சி **(Crest):**

புரியின் இரண்டு சாய்வான பக்கங்களை இணைக்கும் மேற்பகுதி

1. புரி வேர் **(Root):**

புரியின் இரண்டு சாய்வான பக்கங்களை இணைக்கும் கீழ்ப்பகுதி.

1. புரி பக்கம் **(Flank):**

புரியின் பக்கவாட்டுச் சரிவுப் பகுதி

1. புரியிடை **(Pitch):**

ஒரு புரியின் பக்கவாட்டில் அச்சுக்கு இணையான ஒரு கோட்டில் ஒரு புள்ளியிலிருந்து அடுத்தப் புரியின் அதே போன்ற புள்ளிவரை உள்ள இடைபட்ட தொலைவு.

1. முன்னேறு தொலைவு **(Lead):**

ஒரு சுற்றுக்கு மரை அல்லது மரையாணி முன்னேறும் (முன்செல்லும்) தொலைவு.

1. புரி ஆழம் **(Depth of thread):**

புரியின் உச்சி முதல் வேர் வரை அச்சுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள தொலைவு, இது பெருவிட்டத்திற்கும், சிறு விட்டத்திற்கும் இடைபட்ட தொலைவு ஆகும்.

1. புரி கோணம் **(Thread angle):**

புரியின் இரண்டு சாய்வான பக்கங்களுக்கு இடைபட்ட கோணம்.

1. பக்கக் கோணம் **(Flank angle):**

புரியின் ஒருபக்கம் அச்சுக்கு செங்குத்தாக சாய்ந்திருக்கும் கோணம்.

1. முன்னேறு கோணம் **(Lead angle):**

திருகின் அச்சுக்கு செங்குத்தாக புரி சரிந்திருக்கும் கோணம்.

1. சுருணை கோணம் **(Helix angle):**

அச்சுக்கு சுருணை ஏற்படுத்தும் கோணம்

1. பெருவிட்டம் **(Major diameter):**

வெளிப்புற புரிகளின் உச்சிகளை அல்லது உட்புறப் புரிகளின் வேர்களைத் தொடும் ஒரு கற்பனையான உருளையின் விட்டமாகும். இது வெளிப்புற விட்டம் என்றும் கூறப்படும்.

1. சிறுவிட்டம் / வேர்விட்டம் **(Minor diameter/root diameter):**

வெளிப்புற புரிகளின் வேர்களை அல்லது உட்புற புரிகளின் உச்சிகளைத் தொடும் ஒரு கற்பனையான உருளையின் விட்டமாகும்.

1. பயனுறு விட்டம் / புரியிடை விட்டம் **(Effective diameter or pitch diameter) :**

ஒரு புரியின் உலோகப் பகுதியும், அடுத்துள்ள இடைவெளி பகுதியும் சமமாக இருக்குமாறு வெட்டும் ஒரு கற்பனையான உருளையின் விட்டமாகும்.

1. மெய்நிகர் பயனுறு விட்டம் /செயல் விட்டம் **(Virtual effective diameter/functional diameter)**

உச்சியும், வேரும் சற்று மழுங்கப்பட்ட நிலையில் உள்ள விட்டமே மெய்நிகர் பயனுறு விட்டம் அல்லது செயல் விட்டம் எனப்படும்.

வெளிப்புற புரிகளில் பல்வேறு மொத்தக் குறைபாடுகளின் விளைவுகளை பயனுறு விட்டத்தோடு கூட்டினால் செயல் விட்டம் கிடைக்கும்.

8.3 திருகுபுரியின் பிழைகள்

பொதுவாக, திருகுபுரிகள் ஒரு

ஒற்றைமுனைக்கொண்ட கூர் உளியினால் வெட்டப் படுகின்றன. இந்த உளியின் ஊட்டு வேகம்தான் புரியின் புரியிடைத் தூரத்தை கூட்டும் அல்லது குறைக்கும். ஒரு புரியோடு இந்த பிழை முடிவதில்லை. ஒவ்வொரு புரியிலும் இந்த பிழை தொடரும். ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையிலான புரிகளுக்குள் ஏற்படும் இந்த பிழையை கூட்டுப்பிழை எனலாம் (Cumulative pitch error). எடுத்துக்காட்டாக, புரியிடைத் தூரம் 1 மி.மீ. பிழை என்றால், முதல் புரியில் 0.1 மி.மீ பிழையும், முதல் இரண்டு புரிகளில் 0.2 மி.மீ கூட்டுப் பிழையும், முதல் மூன்று புரிகளில் 0.3 மி.மீ கூட்டுப் பிழையும் உண்டாகும். இப்படி தொடர்ந்து பிழை கூடிக் கொண்டே போனால், 10 புரிகளில் 1 மி.மீ பிழை ஏற்பட்டு, 10 புரிகளுக்குப் பதிலாக 9 புரிகளோ அல்லது 11 புரிகளோ இருக்கும். இதனை வளரும் புரியிடைப் பிழை (progressive pitch error) என்பர்.

8.3.1 நேரப் பிழை **(Periodic error)**

புரியிடை தூரம் தொடர்ந்து அதிகமாகாமல், அவ்வப்போது திருகு புரியில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் மட்டும் தலை காட்டும். இதனை நேரப் பிழை (periodic error) என்பர். உளியின் ஊட்டு வேகம் சீராக இல்லாமல் மாறிக்கொண்டு இருப்பதால் இந்த பிழை ஏற்படும். இந்த பிழை முதலில் சற்று அதிகமாகிக் கொண்டே போய் பிறகு குறையத் தொடங்கும். இந்த சுழல் வட்டம் தொடர்ந்து கொண்டே இருக்கும். இதனால், ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையிலான, புரிகளுக்கு இடையிலான தொலைவு சரியாகவோ, சற்று கூடுதலாகவோ, அல்லது சற்று குறைவாகவோ இருக்க வாய்ப்பு உண்டு. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் ஏற்படும் இந்த பிழை திரும்பவும் அந்த இடைவெளியில் ஏற்படும். புரி நீளத்துக்கும், கூட்டுப் பிழைக்கும் இடையிலான உறவு ஒரு சைன் வளை கோட்டைப் (Sine wave) போலிருக்கும்.

8.3.2 அலையும் பிழை / குடிகாரப் பிழை **(Drunken thread)**

நேரப் பிழையைப் போன்றே இதுவும் திரும்பத் திரும்ப வரும் பிழையாகும். ஆனால் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இந்த

பிழை வரும். இந்த பிழை ஏற்படும் புரிகளின் புரியிடைத் தூரம் சரியாகவே இருக்கும். ஆனால் புரிகள் சரியான சுருணையாக வெட்டப் பட்டிருக்காது. ஒரு உருளையின் மேல் சுற்றப்பட்டிருக்கும் கம்பி என்று புரிகளை எடுத்துக் கொண்டால், அக்கம்பியை பிரிக்கும்போது இந்த பிழை புலப்படும். சுருணை என்பது ஒரு சரியான திருகுபுரியில் நேராக இருக்கும். ஆனால் அலையும் பிழை / குடிகாரப் பிழையுள்ள புரியில் வளைந்து இருக்கும். இத்தகைய பிழைகளைக் கண்டுபிடிப்பதும் கடினமாகும். இதனால் ஏற்படும் விளைவுகளும் அதிகம் பாதிப்பதில்லை.

8.3.3 தடுமாற்றப் பிழை **(Erratic or irregular error)**

திருகுபுரியின் நீளத்தில் ஒரு ஒழுங்கில்லாமல் தடுமாறும் பிழை இது. இதன் காரணத்தைக் கண்டறிவதும் கடினம் ஆகும். பொறிகளில் ஏற்படும் பிழைகளும், புரிகள் வெட்டப்படும் உலோகத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களும், பொறிகளின் அமைப்பு நிலைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களாலும் இத்தகைய பிழைகள் ஏற்படலாம்.

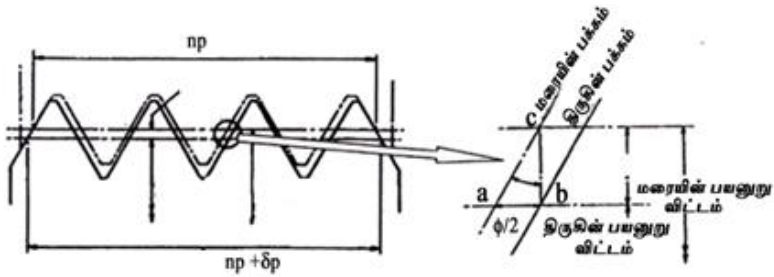
8.3.4 புரியிடை தூரப் பிழையால் ஏற்படும் விளைவுகள் **(Effect of Pitch Errors)**

புரியிடை தூரம் மிகும்போது அது புரிகளிடையே குறுக்கீட்டை (Interference) ஏற்படுத்துகிறது. புரியிடை தூரம் குறையும்போது அது புரிகளிடையே உள்ள இடைவெளியை குறைக்கிறது. ஒரு புரியிடைத் தூரப் பிழை மிகுதியாக உள்ள ஒரு மரை புரியிடைப் பிழை இல்லாத ஒரு திருகாணியில் பொருந்தும்போது, அது இரண்டு புரிகள் சந்திக்கும் இடத்தில் அழுத்தத்தை ஏற்படுத்தி, தகைவை உண்டாக்குகிறது. இதனால் திருகாணியும், திருகும் மரையும் சரியாகப் பொருந்தாமல் சிக்கல் ஏற்படும்; மரை முழுமையாக ஏறாது.

மேலும் புரியிடைப் பிழை மிகுதியாகும் போது, அதன் பயனுறு விட்டமும் (Eff.dia) மிகும். அது மெய்நிகர் பயனுறு விட்டம் (virtual eff.dia) எனப்படும். இதனால் இரண்டு புரிகளுக்கும் இடையே ஆரவாக்கில் அழுத்தம்

ஏற்படும் இதுவும் புரிகளின் செயல்பாட்டிற்கு குந்தகம் விளைவிக்கும்.

ஒரு சில குறிப்பிட்ட புரிகளின் இடையே உள்ள அதிகமான பிழை 'e' என்று கொண்டால், அது புரிகள் இணையும்போது அதன் இறுதியில் பரவிக் கிடக்கும்.



படம்-8.2 புரியிடைத் தூரப்பிழையால் ஏற்படும் விளைவு

ஆகவே 'a' என்ற புள்ளியில் சேர வேண்டுமென்றால், அது 'ac' என்ற அளவுக்கு நகர வேண்டும். abc என்ற முக்கோணத்திலிருந்து,

$$\frac{ab}{ac} = \tan\theta$$

$$\therefore \quad ac = ab.\cot\theta = \frac{e\cot\theta}{2}$$

ஆகவே, மாறும் பயனுறு விட்டம் $= \frac{e\cot\theta}{2} \times 2$

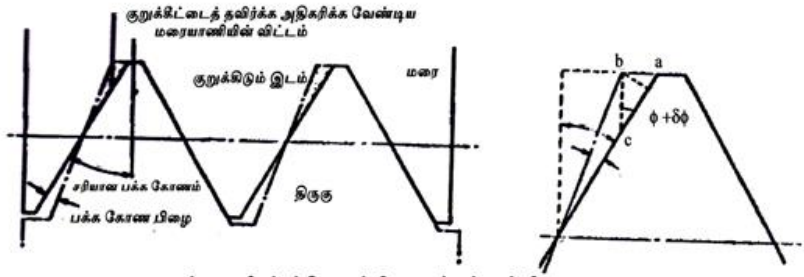
$= e\cot\theta$

பரவலாக புரிகளில் $\cot\theta = 2$ என்று இருக்கும். ஆகவே, மாறும் பயனுறு விட்டம், புரியிடைத் துரைப் பிழையின் இருமடங்காக இருக்கும்.

8.3.5 புரியின் பக்கக்கோணப் பிழையால் வரும் விளைவுகள் **(Effect of Flank angle error)**

புரியின் பக்கக் கோணத்தில் ஏற்படும் பிழையாலும்

பயனுறு விட்டம் மாறும். படம்-8.3-ல் சரியாக உள்ள ஒரு மரையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சரியில்லாத பக்கத்தைக் கொண்ட ஒரு திருகாணி காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-8.2 புரிபக்கக் கோணப் பிழையால் ஏற்படும் விளைவு

c – என்ற இடத்தில் குறுக்கீடு ஏற்பட்டிருக்கிறது என்பதும், அதனை தவிர்க்க திருகின் விட்டத்தைக் குறைத்தாக வேண்டும் என்பதும் தெளிவாகத் தெரிகிறது.

திருகின் பயனுறு விட்டம் குறைக்க வேண்டிய அளவு =

$$h\ cosec\ 2\emptyset .\ \delta\emptyset$$

இதில் h = புரியின் ஆழம்

$\delta\emptyset$ = பக்கக் கோணப் பிழை

திருகு புரியின் ஒரு பக்கத்தில் மட்டும் பிழையிருந்தால் பயனுறு விட்டம் எவ்வளவு மாறும் என்பது இதிலிருந்து கணக்கிட்டு விடலாம். புரியின் இரண்டு பக்கக் கோணத்திலும் பிழையிருந்தால், இந்த அளவு இரண்டு மடங்காகும்.

ஆகவே மாறும் பயனூறு விட்டம்

$$= h\ cosec\ 2\emptyset\ (\delta\emptyset_1 + \delta\emptyset_2)$$

8.4. புரியை அளக்கும் முறைகள்

ஒரு திருகு புரியின் தரத்தைக் கண்டறியும் பொருட்டு

அதன் பல்வேறு கூறுகளை அளக்க வேண்டும். அவை,

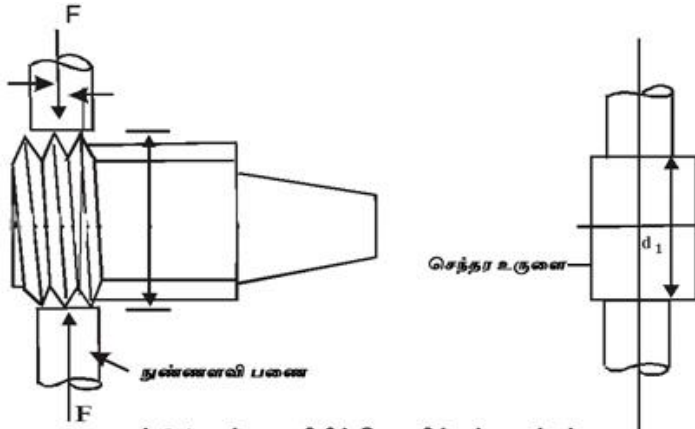
1. பெரு விட்டம் (Major diameter)
2. சிறு விட்டம் (Minor diameter)
3. பயனுறு விட்டம் (Effective diameter)
4. புரியிடைத் தூரம் (Pitch)
5. புரி பக்கக் கோணம் (Flankangle)
6. புரியின் வடிவம் (Thread form)

8.5. பெரு விட்டத்தை அளக்கும் முறைகள் **:**

ஒரு வெளிப்புற திருகு புரியின் உச்சிகளை அல்லது உட்புற திருகு புரியின் வேர்களைத் தொடும் ஒரு கற்பனையான உருளை விட்டம் பெருவிட்டம் எனப்படும். ஒரு திருகின் அதிகமான விட்டம் இதுதான். இதனைக் கீழ்காணும் பல்வேறு முறைகளில் அளக்கலாம்.

8.5.1 நுண்ணளவியின் மூலம் அளத்தல்

நுண்ணளவியைக் கொண்டு ஒரு உருளையை அளப்பது போல, ஒரு திருகு புரியின் பெருவிட்டத்தையும் நேரடியாக அளந்து விடலாம். இதன் மூலம் பெருவிட்டத்தின் பிழையை உண்மையான அளவிலிருந்து ஒப்பிட்டு கண்டறிய வேண்டும். பெருவாரியாக திருகுப் புரிகளை அளக்கும்போது உண்மையான அளவு என்பது பல நேரங்களில் கணக்கிட்டு அறியப்பட வேண்டிய அளவு ஆகும். பெருவாரியாக திருகு புரிகளை அளக்கும்போது உண்மையான பெருவிட்டம் கொண்ட உருளையின் விட்டத்தோடு ஒப்பிட்டு பிழை அறியப்படும். இந்த முறையில் முதலில் ஒரு செந்தர உருளையின் விட்டத்தை முதலில் அளந்து கொள்ளவேண்டும். பிறகு திருகு புரியின் பெருவிட்டத்தை அளக்க வேண்டும்.



படம்-8.4 நுண்ணளவியில் பெருவிட்டம் அளத்தல்

அப்பொழுது பெருவிட்டம் = $s \pm (d_1 - d_2)$

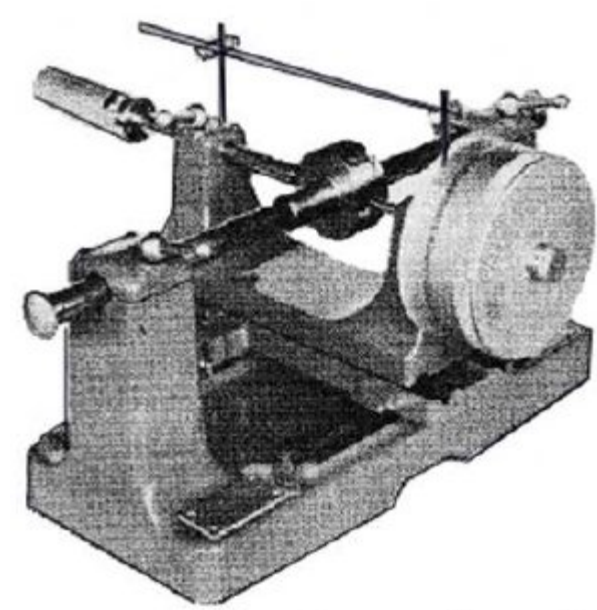
இங்கு S செந்தர உருளையின் அளவு

$d_1 =$ செந்தர உருளையின் மேல் எடுத்த அளவு

$d_2 =$ திருகு புரியின் மேல் எடுத்த அளவு

8.5.2 மேசை நுண்ணளவி **(Bench micrometer)**

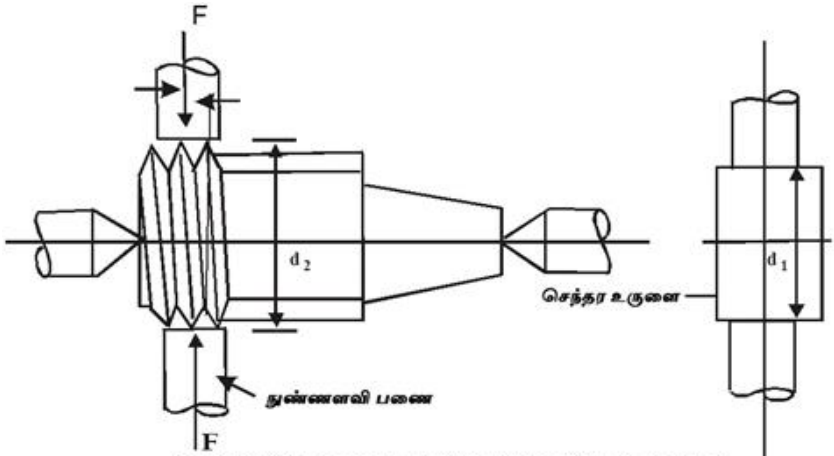
நுண்ணளவி கொண்டு பெருவிட்டத்தை அளக்கும் போது நுண்ணளவியில் சற்று அழுத்தம் கொடுக்க வேண்டியது மிகவும் அவசியம். ஏனென்றால், திருகுபுரியின் உச்சியில் புள்ளித் தொடுகையே இருக்கும்.



படம்-8.5 மேசை நுண்ணளவி

நுண்ணளவியைக் கையில் பிடித்துக்கொண்டு அளவிடுதல் சற்று சிரமமான செயலாகும். ஏனென்றால் ஒரு கையில் திருகு புரியை பிடித்துக் கொண்டு, இன்னொரு கையில் நுண்ணளவியை பிடித்து அளக்க வேண்டும். இந்த சிரமத்தைப் போக்க நுண்ணளவியில் சில மாற்றங்களைச் செய்து பயன்படுத்துகிறார்கள். இதில் நுண்ணளவி ஒரு தளத்தில் நிறுத்தப்பட்டிருக்கும். அதன் அளவு அச்சுக்கு கிடையாக திருகு புரிகளைத் தாங்கும் முனைகள் (centres) இருக்கும். (படம்-8.5). இந்த முனைகளுக்கு நடுவில் திருகு புரியை நிலையாக பொருத்திவிட்டு, நுண்ணளவியை எளிதாகப் பயன்படுத்தி பெருவிட்டத்தை அளந்து கொள்ளலாம்.

திருகு புரியை கையில் பிடித்து அளக்கும் எளிய மேசை நுண்ணளவிகளும் புழக்கத்தில் உள்ளன.



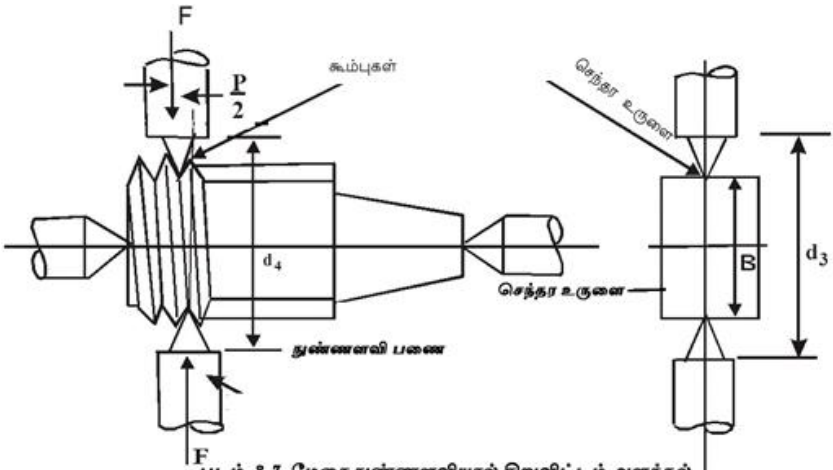
படம்-8.6 மேசை நுண்ணளவியால் பெருவிட்டம் அளத்தல்

8.5.3 உட்புற திருகு புரியின் பெருவிட்டத்தை அளத்தல் **(Measurement of minor diameter)**

உட்புற திருகு புரியின் பெருவிட்டம் என்பது ஒரு மரையில், புரியின் வேர்களைத் தொட்டுக் கொண்டு செல்லும் கற்பனை உருளையின் விட்டமாகும். வெளிப்புற திருகுபுரியைப் போல் வேர்களை அவ்வளவு எளிதாக தொட்டு அளக்க முடியாது. இதற்கு திருகுபுரியின் வேர்களைத் தொடும் அளவு சிறிய குண்டுகளை ஒரு மிதக்கும் அளவு கருவியோடு இணைத்து அளக்கலாம்.

8.6 சிறுவிட்டத்தை அளக்கும் முறை

மேசை நுண்ணளவியைப் பயன்படுத்தி, இரண்டு கூம்பு வடிவ கூர் முனைகளைத் திருகுபுரியின் வேர்களில் வைத்து, சிறு விட்டத்தை அளந்து விடலாம். இங்கனம் முதலில் ஒரு சிறுவட்டத்திற்கு சரியான விட்டம் கொண்ட உருளையில் மேல் அளவுகள் எடுக்க வேண்டும். பிறகு திருகு புரியின் மேல் அளவுகள் எடுக்க வேண்டும்.



படம்-8.7 மேசை நுண்ணளவியால் சிறுவிட்டம் அளத்தல்

திருகுபுரியின் சிறு விட்டம் $= s \pm (d_3 - d_4)$

இங்கு S = உருளையின் விட்டம்

$d_4 =$ திருகுபுரியின் மேல் எடுத்த நுண்ணளவியின் அளவு

$d_3 =$ உருளையின் மேல் எடுத்த நுண்ணளவியின் அளவு

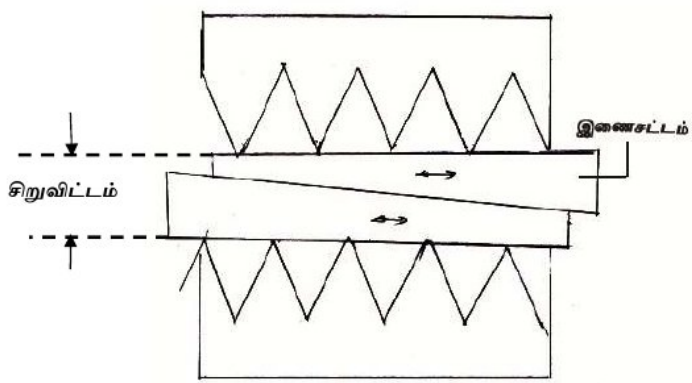
திருகுபுரியின் வேர்கள் மிகவும் கூராக இருந்தால், கூம்பு முனைகளை வைத்து அளப்பது எளிதல்ல. அப்பொழுது அதன் நிழல் வடிவத்தை திரையில் வீழ்த்தி அதனை அளந்து கொள்ளலாம்.

8.6.1 உட்புற திருகுபுரியின் சிறுவிட்டத்தை அளத்தல்

திருகுபுரியின் உட்புறத்திலுள்ள உச்சிகளை தொட்டு சிறுவிட்டத்தை அளக்கவேண்டும். இதற்கு இணை

சட்டங்கள் பயன்படுகின்றன. இணை சட்டங்களின் வெளிப்புற பகுதிகள் எப்பொழுதும் இணையாகவே இருக்கும். ஆனால் சட்டங்களை நகர்த்தி அதன் உயரத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம். இணை சட்டங்களை முதலில் திருகுபுரியின் உள்ளே செலுத்தி, அதன் வெளிப்புறப் பகுதிகள் புரியின் உச்சிகளைத் தொடுமாறு சரியாக நகர்த்திக் கொள்ளவேண்டும். இப்பொழுது ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு அதன் உயரத்தை அளந்து கொள்ளலாம். இதுவே சிறுவிட்டமாகும்.

துல்லியமான சிறு உருளைகளையும் நழுவுக் கடிகைகளையும் பயன்படுத்தியும் சிறுவிட்டத்தை அளக்கலாம். 20 மி.மீட்டருக்கு மேல் சிறுவிட்டம் கொண்ட திருகு புரிகளுக்கு இது பொருந்தும்.



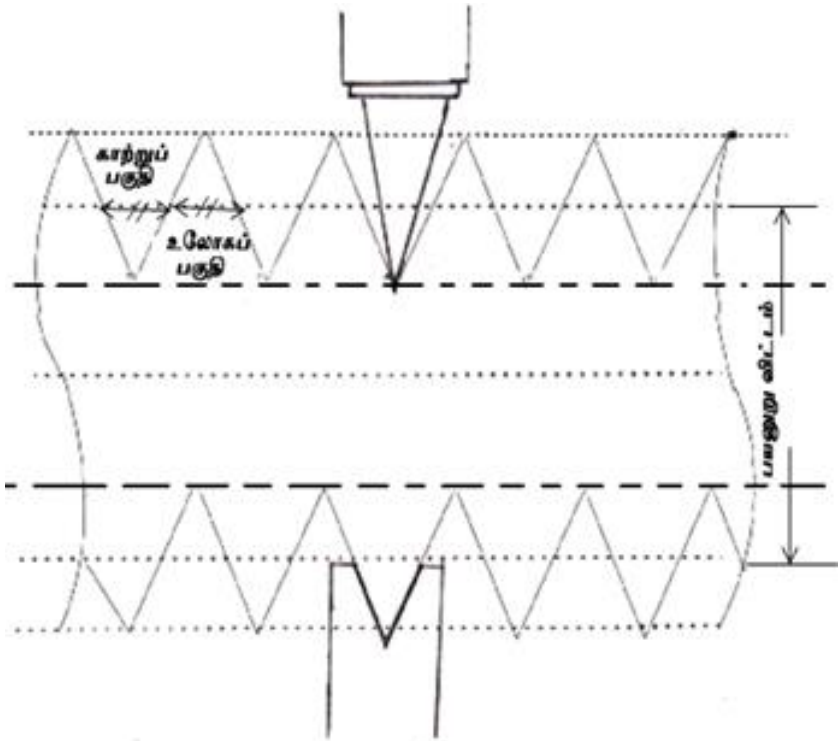
படம்-8.8 இணைசட்டங்கள் மூலம் உட்புற சிறுவிட்டம் அளத்தல்

8.7 பயனுறு விட்டத்தை அளத்தல்

புரியின் உலோகப் பகுதியும், அதனை அடுத்துள்ள இடைவெளிப் பகுதியும் சமமாக இருக்குமாறு வெட்டும் ஒரு கற்பனை உருளையின் விட்டமே பயனுறு விட்டம் எனப்படும். பெருவிட்டக் கோடுகளுக்கும், சிறுவிட்டக் கோடுகளுக்கும் நடுவே இந்த பயனுறு விட்டக் கோடு செல்லும். இந்த கோட்டை நேரடியாக சிறுவிட்டம், பெருவிட்டம் ஆகியவற்றை அளப்பதைப் போல அளக்க முடியாது. மறைமுகமாகத்தான் அளக்க முடியும்.

மறைமுகமாக அளக்கும் முறையில் சற்று எளிதானதும், தோராயமானதுமான முறை திருகுபுரி நுண்ணளவியைப் பயன்படுத்தி அளப்பதாகும்.

பயனுறு விட்டம் என்பது தோராயமாக பெருவிட்டத்திற்கும், சிறுவிட்டத்திற்கும் நடுவே இருக்கும் என்பதைக் கண்டோம். ஆகவே திருகு புரியின் மேல் பக்கத்திலுள்ள உச்சிக்கும், கீழ் பக்கத்திலுள்ள வேருக்கும் இடைபட்ட தூரம் பயனுறு விட்டமாகக் கருதப்படும். இதை அளக்கும் நுண்ணளவியின் ஒரு அளக்கும் முனை V- வடிவ காடியுடனும், மறுமுனை கூராக கூம்பு வடிவத்திலும் இருக்கும். V- வடிவ காடி புரியின் உச்சியையும் கூம்பு வடிவ கூர்முனை புரியின் வேரையும் தொட்டு' கொண்டிருக்குமாறு பொருத்தி சரிசெய்து பயனுறு விட்டத்தை அளக்கலாம்.



படம்-8.9.1 பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

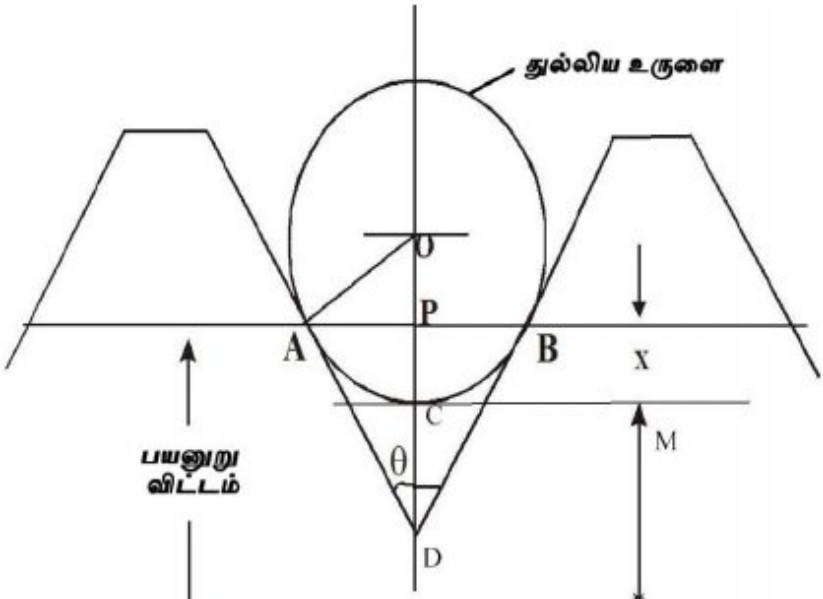
படம்-8.9.2

8.7.1 துல்லிய ஊசிகளையும், குண்டுகளையும் பயன்படுத்தி அளத்தல் **(Measurement using precision pins and balls)**

திருகுபுரியின் இடைவெளியில் துல்லியமான உருளைகளையோ, குண்டுகளையோ வைத்து பயனுறு விட்டத்தை அளக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, துல்லிய உருளையின் மையம் பையனுறு விட்டக் கோட்டில் இருப்பதாக எண்ணிக் கொள்ளலாம். (படம்-8.11) அப்போது,

பயனுறு விட்டம் = உருளைகளின் மேல் எடுத்த அளவு – உருளையின் விட்டம்

= (M-d)



படம்-8.10 உருளைகள் கொண்டு பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

ஆனால், இந்த முறையில் உருளையின் மையம் சரியாக பயனுறு விட்டக் கோட்டில் இருக்கிறதா என்பதை எப்படி உறுதி செய்து கொள்வது. இது சிரமமான, முடியாத செயலாகும். ஆகவே, இது செய்முறைக்கு ஏற்புடைய முறை அன்று. ஆனால் துல்லியமான அளவுள்ள ஒரு உருளை அல்லது குண்டு புரியின் பக்கத்தில் தொட்டுக் கொண்டு நின்றால், அதன் மையம் பயனுறு விட்டக் கோட்டுக்கு சற்று மேலேயோ, கீழையோ தோராயமாக இருக்கும் என்பது தெரியும். (படம்-8.10)

உருளையின் கீழ் எடுத்த அளவு M என்றும்

உருளையின் விட்டம் d என்றும் இருந்தால்,

திருகுபுரியின் புரியிடைத்தூரம் p என்றும்

புரி கோணம் θ என்றும் கொள்வோம்.

∴ பயனுறுவிட்டம் E = M + 2x

படம்-8.10-ல் உள்ளபடி,

AB என்பது பயனுறுவிட்டக் கோடு என்பதால்,

AB = 1/2 புரியிடைத்தூரம் = 1/2 p

$$OD = \frac{d \operatorname{cosec} \frac{\theta}{2}}{2}$$

$$DC = \frac{d \operatorname{cosec} \frac{\theta}{2} - {}^{d}/_{2}}{2} = \frac{d(\operatorname{coec} \frac{\theta}{2} - 1)}{2}$$

$$DP = PB \cot \frac{\theta}{2} = {}^{p}/_{4} \cot \frac{\theta}{2}$$

அதனால் $x = Pc = DP - DC$

$$= \frac{p \cot {}^{\theta}/_{2}}{4} - \frac{d(\operatorname{coec} \frac{\theta}{2} - 1)}{2}$$

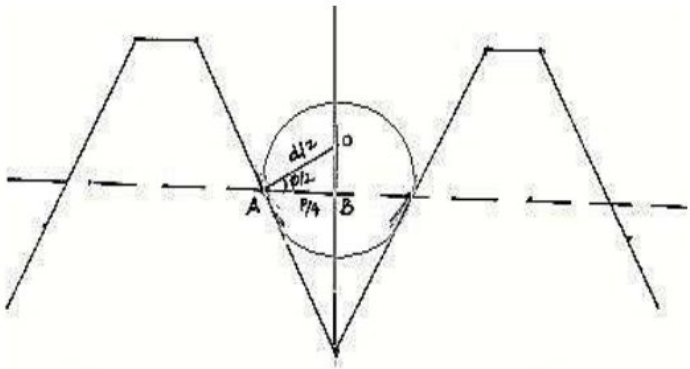
$$\therefore 2x = \frac{p}{2} \cot {}^{\theta}/_{2} - d(\operatorname{cosec} \frac{\theta}{2} - 1)$$

∴ பயனுறுவிட்டம் $= M + 2x$

$$= M + \frac{p}{2} \cot \frac{\emptyset}{2} - d\ (cosec\ \frac{\emptyset}{2} - 1)$$

இந்த சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, பயனுறு விட்டத்தை எளிதாக கணக்கிட்டு விடலாம்.

இந்த முறையைப் பயன்படுத்தி பயனுறு விட்டம் கண்டுபிடிக்கும் போது துல்லிய உருளைகளோ, குண்டுகளோ புரியின் பக்கங்களில் பயனுறு விட்டக் கோட்டை தொட்டுக் கொண்டு செல்லுமாறு தேர்வு செய்வது அவசியமாகும். அத்தகைய உருளையின் விட்டம் என்னவாக இருக்கும் என்பதையும் புரிகோணம், புரியிடை துரம் ஆகியவற்றை வைத்து கண்டுபிடித்து விடலாம்.



படம்-8.11 துல்லிய உருளையின் விட்டம் அறிதல்

படம்-8.11-ல் காட்டியபடி,

ΔOAB யிலிருந்து

$$AB = P/4$$

$$OA = d/2$$

$$\therefore \quad \cos\frac{\theta}{2} = \frac{AB}{OA}$$

$$= \frac{p/4}{d/2} \quad \text{அல்லது.} \quad d/2 = \frac{p/4}{\cos\theta/2}$$

$$d = \frac{p/2}{\cos\theta/2} = p/2\sec(\theta/2)$$

இந்த சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி துல்லிய உருளை அல்லது குண்டுகளின் விட்டத்தை தேர்வு செய்து விடலாம். இந்த நிலைகளை செம்மையான உருளைகள் (Best Rollers/wires) என்று கூறுவர்.

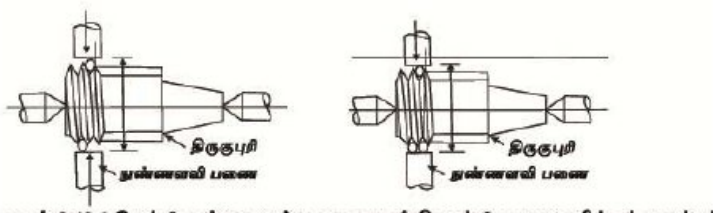
திருகு புரியிலுள்ள புரி கோணத்தில், உருளைகள்/ ஊசிகள் சரியாக புரி காடியில் ஒரே தளத்தில் தொட்டுக் கொண்டிருக்காது. இதனால் ஏற்படும் பிழையை

நீக்கவே பக்கவாட்டு திருத்தம் (Rank correction) தேவைப்படுகிறது.

நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளக்கும்போது, அளக்கும் விசையால் (measuring pressure) திருகு புரியில் சற்று அமுக்கம் ஏற்படுகிறது. இதை நீக்க அமுக்கத் திருத்தம் தேவைப்படுகிறது. இந்தத் திருத்தங்களை கணக்கிட சமன்பாடுகள் உள்ளன. அவற்றைப் பயன்படுத்தி இப்பிழைகளை நீக்கி விடலாம்.

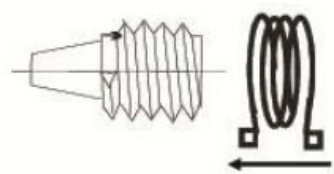
இம்முறையில் பயனுறு விட்டத்தை அளப்பதற்கு இரண்டு முறைகள் பயன்படுகின்றன. அவை,

1. இரு உருளை முறை (Two wire method)
2. மூன்று உருளை முறை (Three wire method)



படம்-8.12.1 இரண்டு அல்லது மூன்று உருளைகள் கொண்டு பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

படம்-8.12.2



படம்-8.12.3
வில்சுருள் மூலம் பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

இரு உருளை முறையில் இரண்டு உருளைகளை பக்கத்திற்கு ஒன்றாக புரியின் காடிகளில் வைத்து அளக்க வேண்டும். இந்த முறையில், இரண்டு

உருளைகளும் அவை ஒரு இணை விசையை ஏற்படுத்தி நுண்ணளவி போன்ற அளக்கும் கருவிகளின் முனைகள் பிறழும் வாய்ப்பு இருப்பதால் சரியாக வைத்து அளப்பதில் சற்று சிரமத்தை உண்டாக்கும்.

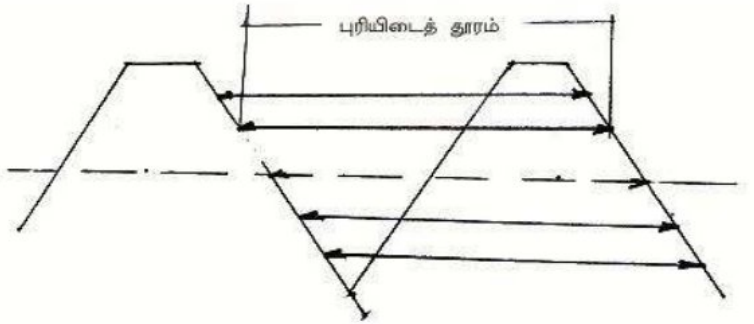
இந்த சிக்கலைப் போக்க மூன்று உருளை முறை பயன்படுகிறது. இம்முறையில் ஒரு பக்கத்தில் இரண்டு உருளைகளையும் மறு பக்கத்தில் ஒரு உருளையும் வைத்து விட்டம் அளக்கப்படுகிறது. அளக்கும் கருவிகளின் முனைகள் பிறழும் வாய்ப்பு இதில் இல்லை.

திருகுபுரியின் அளவு அதிகமாக இருக்கும்போது உருளைகள் பயன்படுகின்றன. சிறிய திருகுபுரிகளை அளப்பதற்கு துல்லிய ஊசிகள் (Precision pins) பயன்படுகின்றன.

திருகுபுரியின் விட்டங்களை அளப்பதற்கு எளிதாக மேசை நுண்ணளவிகளும், திருகுபுரி விட்டம் அளக்கும் பொறிகளும் பயன்படுகின்றன.

8.8 புரியிடைத் தூரத்தை அளத்தல்

அச்சுக்கு இணையான கோட்டில் ஒரு புரியின் பக்கப் புள்ளியிலிருந்து, அடுத்தப் புரியின் இணையான பக்கப் புள்ளி வரையிலான தூரம் புரியிடைத் தூரம் எனப்படும். அடுத்தடுத்த புரிகளின் உச்சிகளுக்கு அல்லது வேர்களுக்கு இடையிலான தூரமும் புரியிடைத் துரத்தைக் குறிக்கும். ஆனால் இதையும் நேரடியாக அளக்க முடியாது. ஏனென்றால், அச்சுக்கு இணையான கோடுகளை எங்கே, எப்படி போடுவது?



படம்-8.13 புரியிடைத் தூரம்

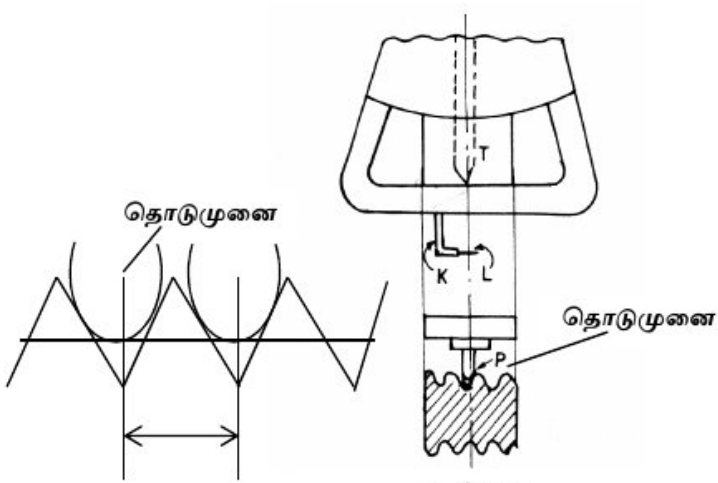
ஆகவே, இதை அளப்பதற்கென்றே தனியாக ஒரு பொறி உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இதை புரியிடைத் தூரத்தை அளக்கும் பொறி என்று கூறுவர். ஒரு துல்லியமான தொடுமுனையை முதலில் புரியின் காடியில் சரியாக நடுவில் வைத்து, அங்கிருந்து அதை அடுத்த புரி காடிக்கு அச்சுக்கு இணையான கோட்டில் நகர்த்தி, புரியிடைத் தூரத்தை அளப்பதே இப்பொறியின் கோட்பாடாகும் (படம்-8.15) துல்லிய தொடுமுனையை சரியாக நடுவில் வைப்பதற்கு இப்பொறியில் ஒரு அளவுகோல்/குறி உள்ளது. தொடுமுனை சரியாக நடுவில் இருந்தால் கோலின் குறி மையத்தில் இருக்கும்.

தொடுமுனையும், அதனுடன் உள்ள அளவுகோல் குறியீட்டு அமைப்பும் ஒரு மிதவையில் பொருத்தப்பட்டு, ஒரு நுண்ணளவியோடு இணைக்கப் பட்டிருக்கும். நுண்ணளவியை இயக்கும்போது தொடுமுனை புரியின் மேல் நகரும். தொடுமுனை ஒரு தகட்டு வில்லில் பொருத்தப் பட்டிருப்பதால் புரியின் அச்சுக்கு செங்குத்தாகவும் நகர்ந்து, புரியின் மேல் ஏறி இறங்கும். அப்பொழுது முனையின் மேல் செலுத்தப்படும் விசை குறியீட்டு அமைப்பை இயக்கி இடப்புறமாகவோ, வலப்புறமாகவோ தள்ளும். முனையின் இரண்டு பக்கமும் சமமாக விசை இருந்தால் தான் குறியீட்டு முள் நடுவில் இருக்கும்.

தொடுமுனையை பயனுறு விட்டக் கோட்டைத் தொடுமாறு அல்லது அதற்கு அருகில் தொடுமாறு தேர்வு செய்ய வேண்டும். இதற்கேற்ப பல்வேறு

அளவுள்ள தொடுமுனைகள் தரப்பட்டிருக்கும்.

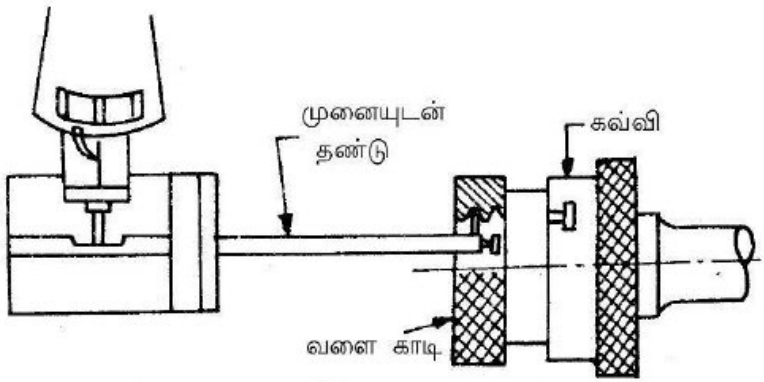
திருகுபுரியை பொறியின் கூர் மையங்களுக்கு நடுவே பொருத்திவிட்டு, தொடுமுனை தொடக்கத்திலுள்ள ஒரு புரியின் காடியில் இருக்குமாறு சரிசெய்து, நுண்ணளவியில் அளவைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு நுண்ணளவியை இயக்கி, மறு காடிக்கு தொடுமுனையை நகர்த்தி அளவை எடுக்கவேண்டும். இப்படியே ஒவ்வொரு காடிக்கும் தொடுமுனையை நகர்த்தி அளவு எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இந்த அளவுகளிலிருந்து புரியிடைத் தூரம் சரியாக இருக்கிறதா என்று பார்ப்பதுடன், அது எப்படி வேறுபடுகிறது என்பதையும் கண்டறியலாம்.



படம்-8.14
புரியிடைத் துரம் அளக்கும் கருவி
(Pitch Measuring Mechine)

உட்புற திருகு புரிகளின் புரியிடைத் தூரத்தை அளப்பதற்கும் இப்பொறியில் ஒரு இணைப்பு உள்ளது. இந்த இணைப்பில் ஒரு தண்டும் அதன் முனையில்

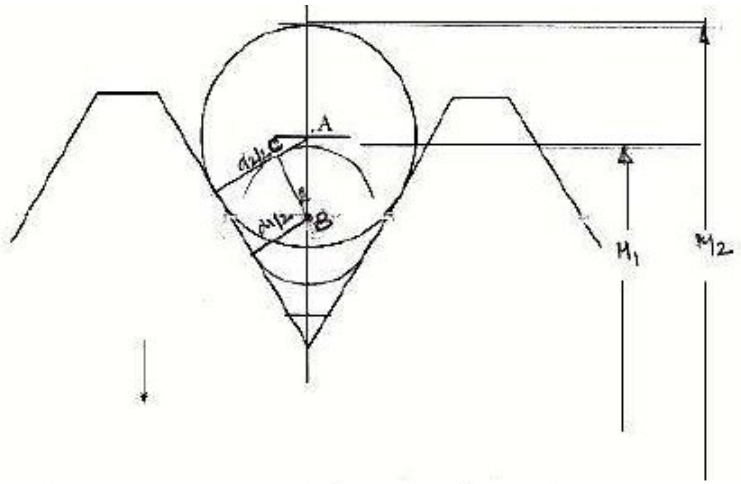
தொடு முனையும் இருக்கும். மறுமுனை அளவுகோல் குறியீட்டு அமைப்போடு பொருத்தப் பட்டிருக்கும். தொடுமுனை மேலும் கீழும் நகரும் போது, அதற்கேற்ப தண்டு, நெம்புகோல் அடிப்படையில் அசைந்து, அளவுகோல் குறியை இயக்கும். இதன் மூலம் எளிதில் உட்புற திருகுபுரிகளின் புரியிடைத் தூரத்தை அளக்கலாம்.



படம்-8.15 உட்புற புரியிடை தரம் அளத்தல்

8.9 புரி பக்கக் கோணத்தை அளத்தல் **(Flank angle measurement)**

புரியின் அளவுகள் மிகச் சிறிதாக இருப்பதால், கோணத்தை அளக்கும் பொதுவான கருவிகளைக் கொண்டு அளக்க முடியாது. இதனை துல்லிய உருளைகள்/ குண்டுகள் பயன்படுத்தி அளக்கலாம்.



படம்-8.16 உருளைகளைக் கொண்டு கோணத்தை அளத்தல்

இதற்கு புரியின் காடியில் ஒரு சிறிய உருளையை அல்லது குண்டை வைத்து அளவு எடுத்துக்

கொள்ளவேண்டும். இந்த அளவை $\mathbf{M_1}$ என்று கொள்வோம். பின்னர் சற்று பெரிய உருளையை வைத்து அளவு எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த

அளவை $\mathbf{M_2}$ என்று கொள்வோம்.

படத்தில் காட்டப் பட்டிருப்பதைப் போல, சிறிய உருளையின் மையமும் பெரிய உருளையின் மையமும் ஒரு நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருக்கும்.

இதில் $AB = (M_2 - d_2/2) - (M_1 - d_1/2)$

d_1, d_2 என்பது முறையே சிறிய, பெரிய உருளைகளின் விட்டங்களாகும்.

$$AC = \frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2}$$

ΔABC யில் $Sin\,\theta = \frac{AC}{BC}$

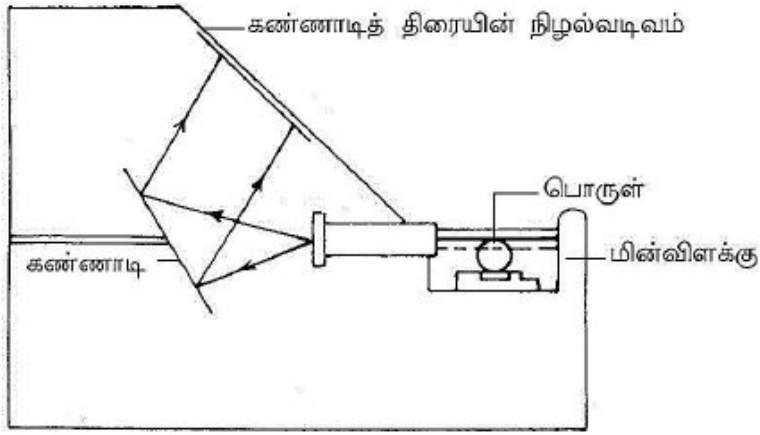
$$= \frac{\frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2}}{\left(M_2 - \frac{d_2}{2}\right) - \left(M_1 - \frac{d_1}{2}\right)}$$

இந்தச் சமன்பாட்டின் மூலம் எளிதாக கோணத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

8.10 நிழல் வடிவங்காட்டும் கருவி அல்லது கருவியாளர் நுண்ணோக்கி **(Tool Makers Microscope)** மூலம் அளத்தல்

திருகு புரிகள் மிகச் சிறிதாக இருந்தாலும், அல்லது மிகப் பெரிதாக இருந்தாலும் நேரடியாக அதன் கூறுகளை அளப்பது சிரமமாகும். அப்போது நிழல் வடிவங்காட்டும் கருவி (Profile Projector) அல்லது கருவியாளர் நுண்ணோக்கி (Tool makers microscope) போன்ற கருவிகளைப் பயன்படுத்தி திருகுபுரியின் கூறுகளை அளந்து விடலாம்.

சிறிய பகுதிகளை பெரிதுபடுத்திக் காட்டும் அடிப்படையில் இக்கருவிகள் இயங்குகின்றன. இக்கருவிகளில் உள்ள தளத்தில் திருகு புரிகளை வைத்து விட்டால் அதன் பெருக்கிய நிழல் வடிவம் திரையில் தெரியும். இக்கருவிகளில் உள்ள திரைகளில் அளக்கும் வசதிகளும் செய்யப்பட்டிருக்கும். அவற்றைக் கொண்டு திருகுபுரியின் பல்வேறு கூறுகளை அளந்து விடலாம். அளக்கும் முறைகள் படங்கள் வாயிலாக விளக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

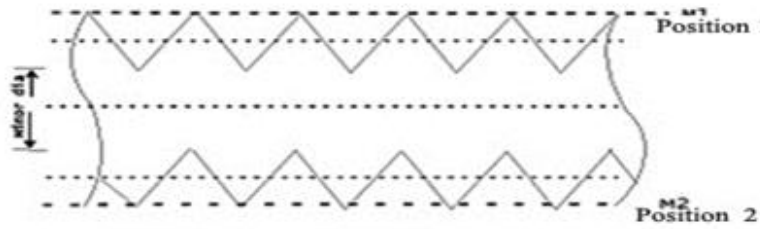


படம்-8.17 நிழல் வடிவம் கருவி

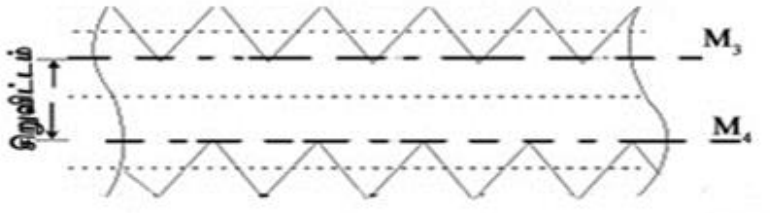
8.10.1 பெருவிட்டம், சிறுவிட்டம் அளத்தல்

திரையில் உள்ள குறுக்குக் கம்பிக் கோடுகள் புரியின் ஒரு பக்க உச்சிகளைத் தொடுமாறு திருகு புரியை சரிசெய்து கொள்ளவேண்டும்.

திருகுபுரி வைக்கப் பட்டிருக்கும் தளத்தில் இணைத்துள்ள நுண்ணளவியில் முதல் அளவு எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.



படம்-8.18.1 திருகுபுரியின் பெருவிட்டம் அளத்தல்

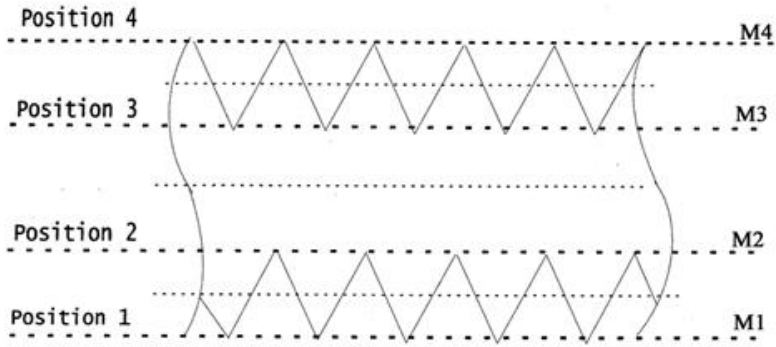


படம்-8.18.2 திருகுபுரியின் சிறுவிட்டம் அளத்தல்

இந்த இரண்டு அளவுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடே பெருவிட்டமாகும்.

பெருவிட்டம் = $M_2 - M_1$ இதே முறையைப் பயன்படுத்தி சிறுவிட்டத்தின் அளவையையும் எடுக்கலாம்.

சிறுவிட்டம் = $M_4 - M_3$



பெருவிட்டத்தையும், சிறுவிட்டத்தையும் சேர்த்தும் அளந்து கொள்ளலாம். இதற்கு முதல் படியாக கம்பிக் கோடுகள் ஒரு பக்க புரியின் உச்சிகளைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுக்க வேண்டும். (M_1 என்க)

அடுத்து, கம்பிக் கோடுகளை புரியின் வேர்களைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுக்க வேண்டும். (M_2 என்க)

கம்பிக் கோடுகளை மேலும் நகர்த்தி புரியின் மறுபக்க வேர்களைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். M_3 என்க.

இறுதியாக கம்பிக் கோடுகளை புரியின் மறு பக்க உச்சிகளைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். M_4 என்க.

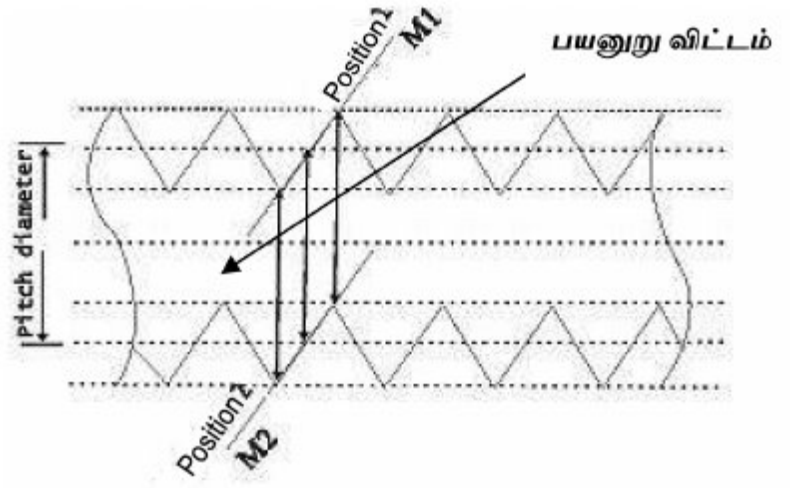
இப்பொழுது, பெருவிட்டம் $= M_4 - M_1$

சிறுவிட்டம் $= M_3 - M_2$

8.10.2 பயனுறு விட்டத்தை அளத்தல்

புரியின் ஒரு பக்க உச்சிக்கும் மறுபக்க வேருக்கும் இடையில் உள்ள தொலைவை அளந்தும் பயனுறு

விட்டத்தைப் பெறலாம் என்று முன்பு கண்டோம். ஆனால் திருகு புரியின் உச்சியும், வேரும் அதன் இயக்கத்தைக் கருத்தில் கொண்டு சற்று அதிகமாக வெட்டப் பட்டிருக்கும். ஆகவே இந்த முறை தோராயமாக கருதப்படும். ஆனால் புரியின் பக்கங்களைத் தொட்டுக் கொண்டு செல்லும் இரண்டு இணைகோடுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை அச்சுக்கு செங்குத்தாக அளந்தால் அது பயனுறு விட்டத்தை சரியாக காட்டும் என்பதை படத்திலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். இதன் அடிப்படையில் பயனுறு விட்டத்தை நிழல் வடிவத்திலிருந்து எளிதாக அளந்து கொள்ளலாம்.



படம்-8.19 பயனுறுவிட்டம் அளத்தல்

முதலில் மேல்பக்கத்திலுள்ள புரியின் ஒரு பக்கத்தைத் தொட்டுக் கொண்டு இருக்குமாறு கம்பிக் கோட்டை சரிசெய்து அளவு எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

பின்னர், நுண்ணளவியை நகர்த்தி மறுபக்கத்திலுள்ள புரியின் பக்கத்தில் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு செய்து கொள்ளவேண்டும்.

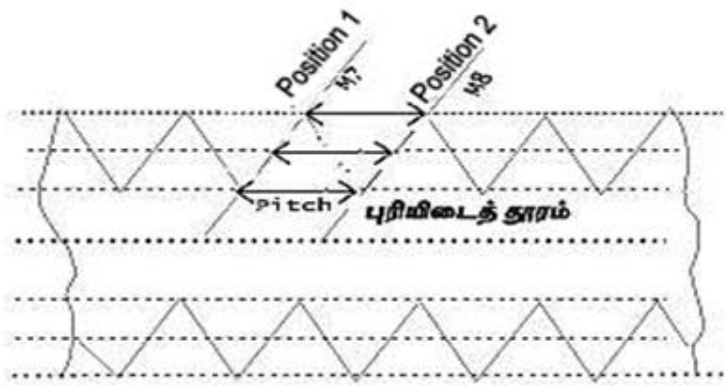
இந்த இரண்டு அளவுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடே பயனுறு விட்டமாகும்.

பயனுறு விட்டம் = $M_1 - M_2$, இங்கு M_1 = பெரிய அளவு

M_2 = சிறிய அளவு

8.10.3 புரியிடைத் தூரத்தை அளத்தல்

திருகு புரியின் அச்சுக்கு இணையாக புரியின் பக்கத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து அடுத்த புரியின் பக்கத்திலுள்ள புள்ளி வரையிலான தூரம் புரியிடைத் தூரம் எனப்படும். இதற்கு கம்பிக் கோட்டை முதலில் புரியின் பக்கத்தில் தொடுமாறு சரிசெய்து நுண்ணளவியில் அளவு எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். பின்னர் நுண்ணளவியை இயக்கி, கம்பிக் கோட்டை அடுத்த புரியின் பக்கத்துக்கு நகர்த்தி அளவு எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த இரண்டு அளவுகளுக்கும் இடையில் உள்ள வேறுபாடே புரியிடைத் தூரமாகும்.

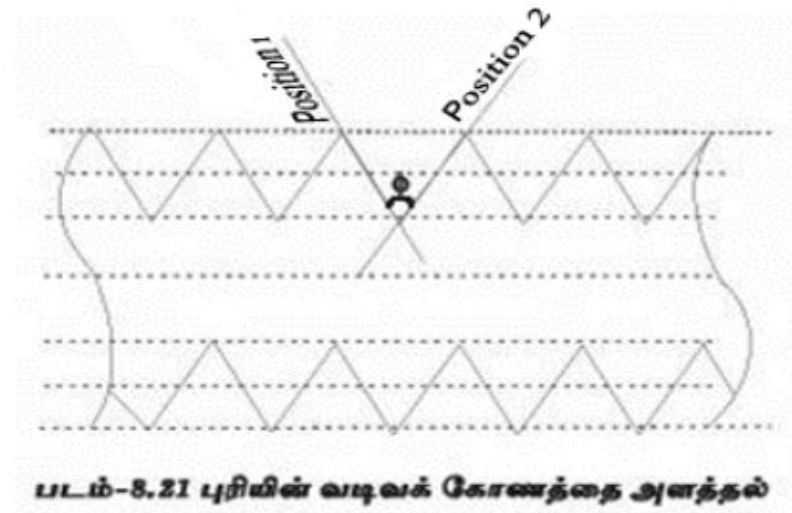


படம்-8.20 புரியிடை தூரத்தை அளத்தல்

8.10.4 புரி வடிவக் கோணத்தை அளத்தல்

கம்பிக் கோட்டை புரியின் பக்கத்தைத் தொட்டுக் கொண்டு செல்லுமாறு திரைக் கண்ணாடியை சுற்றி சரிசெய்து கம்பிக் கோட்டின் சாய்வுக் கோணத்தை அளந்து கொள்ளவேண்டும். பின்னர் திரைக் கண்ணாடியை மேலும் சுற்றி, புரியின் எதிர் பக்கத்தைத்

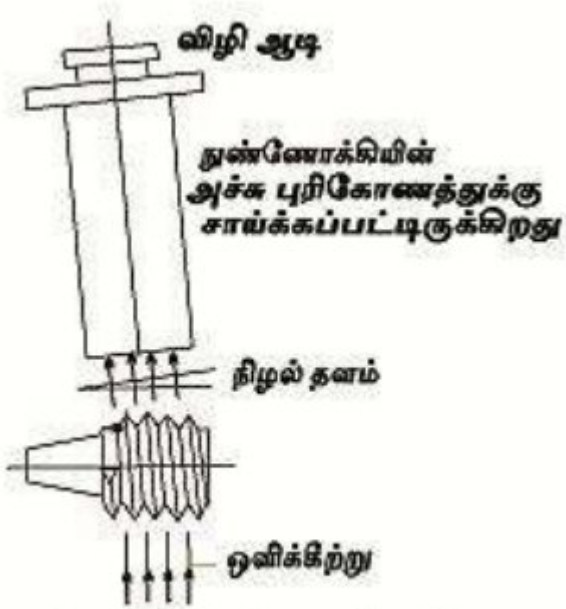
தொட்டுக் கொண்டு செல்லுமாறு சரிசெய்து கோண அளவை எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். இரண்டு கோண அளவுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடே புரி பக்கக் கோணமாகும். (படம்-8.21) சில கருகளில் கருவியைச் சுற்றுவதற்கு மாறாக, கோணமானியைப் பயன்படுத்தி கோணத்தை அளக்குமாறு செய்யப்பட்டிருக்கும்.



படம்-8.21 புரியின் வடிவக் கோணத்தை அளத்தல்

நிழல் வடிவங்காட்டும் கருவியில் கம்பிக் கோடுகளைப் பயன்படுத்தி புரியின் பல்வேறு கூறுகளை அளப்பதற்கு மாறாக, ஒரு வரைப்படத்தாளில் (Tracing sheet) அல்லது கண்ணாடியில் அல்லது கண்ணாடித் தாளில் வரையப்பட்ட சரியான படங்களை நிழற்படங்களோடு ஒப்பிட்டு பார்த்தும் திருகுபுரியின் தரத்தை தீர்மானித்து விடலாம்.

நிழல் வடிவங்காட்டும் கருவியாளர் அல்லது கருவியால் நுண்ணோக்கி ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தும்போது, சுருணைக் கோணத்திற்கு ஏற்ப ஒளி அச்சை சரி செய்து கொள்வது மிகவும் அவசியமாகும். இதற்கு கருவிகளில் வசதிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன.



படம்-8.22 ஒளி அச்சை மாற்றுதல்

குறு வினாக்கள் :

1. திருகுபுரிகளை ஏன் அளக்க வேண்டும்?
2. பல்தொடக்க திருகுபுரியின் தேவை என்ன?
3. திருகுபுரியின் எந்த கூறுகளை அளக்க வேண்டும்?
4. திருகுபுரியில் ஏற்படும் பிழைகள் யாவை?
5. திருகுபுரியின் பெருவிட்டத்தை அளக்கும் முறைகள் யாவை?
6. உட்புற திருகுபுரியின் அளவுகளை எப்படி அளக்கிறார்கள்?
7. பயனுறுவிட்டம் என்றால் என்ன?
8. பயனுறுவிட்டத்தை அளக்கும் முறைகள் யாவை?
9. புரியிடை தூரம் எப்படி வரையறுக்கப்படுகிறது?
10. புரிகோணம் எப்படி அளக்கப்படுகிறது?

நெடு வினாக்கள் :

1. ஒரு திருகுபுரியின் படத்தை வரைந்து, அதன் கலைச்சொற்களை குறிப்பிட்டு வரையறை செய்க. திருகுபுரியின் பிழைகளையும், அதனால் ஏற்படும் விளைவுகளையும் விளக்குக.
2. திருகுபுரியின் பெருவிட்டத்தை அளக்கும் முறைகளை தக்க படங்களுடன் விளக்குக.
3. திருகுபுரியின் சிறுவிட்டத்தை அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விளக்குக.
4. பயனுறு விட்டத்தை அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விவரிக்கவும்.
5. புரியிடைத்தூரம் அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விவரிக்கவும்.
6. புரியின் கோணத்தை அளக்கும் அடிப்படை என்ன? அதன் அளக்கும் முறையை விவரிக்கவும்.
7. நிகல் வடிவங்காட்டும் கருவி அல்லது கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் திருகுபுரியின் அளவுகளை அளக்கும் முறைகளை விளக்குக.

9

பல்சக்கரம் அளத்தல்

பாடம் **: 9**

பல்சக்கரம் அளத்தல்

GEAR MEASUREMENT

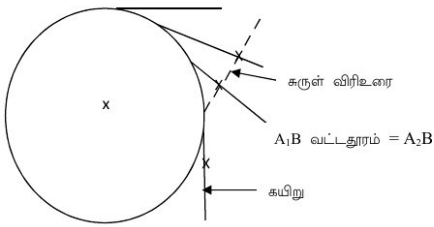
9.1 முன்னுரை

பல்சக்கரப் பெட்டி (Gear box) போன்ற ஆற்றலை செலுத்தும் அமைப்புகளிலும், ஒரு எந்திரத்தின் மேடையை நகர்த்தும் அமைப்புகளிலும் பல்சக்கரங்கள் பயன்படுகின்றன. சுழலும் ஒரு அச்சுத் தண்டிலிருந்து மற்றொரு தண்டுக்கு ஆற்றலை செலுத்தும்போது, அது எளிதாகவும், சீராகவும், ஓசை இல்லாமலும் இயங்க வேண்டும். இதேபோல் ஒரு பொறியில் உள்ள உளியையோ, மேடையையோ, துல்லியமாக நகர்த்துவதற்கும் பல்சக்கரங்கள் சரியாக இருக்க வேண்டியது அவசியமாகும். முகப்புமானி போன்ற பல அளவிடும் கருவிகளிலும் பல்சக்கரங்கள் பயன்படுகின்றன. ஆகவே பல்சக்கரங்கள் துல்லியமாக செய்யப் பட்டிருக்கின்றனவா என்பதை அளந்து சரிபார்ப்பது அவசியமாகிறது.

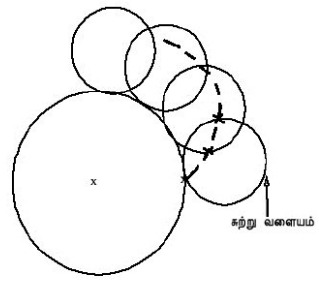
9.2 பல்சக்கரங்களின் பல்வடிவம்

பரவலாகப் பயன்படும் பல்சக்கரங்களின் வடிவங்கள் சுருள் விரி வரை (Involute) என்றும், வளைசுழல் வரை (Cycloidal) என்றும் வகைப்படும். சுருள் விரி வரை என்பது ஒரு வளையத்தின் மேல் ஒரு நேர் சட்டம் பிசகாமல் நகரும்போது, நேர் சட்டத்தில் உள்ள ஒரு

புள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவமாகும். ஒரு உருளையின் மேல் சுற்றப்பட்டுள்ள கயிற்றைப் பிரிக்கும்போது, கயிற்றிலுள்ள ஒரு புள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவமும் சுருள் விரி வரை எனப்படும். (படம்-9.1.1)



***படம்-9.1.1* சுருள் விரிவரை (Involute) அடிப்படை (கயிற்றைப் பிரிக்கும்போது ஒருபுள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவம்)**



படம் 9.1.2 வளை சுழல்வரை (Cyclodal) அடிப்படை (வளையம் சுற்றும்போது, ஒரு புள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவம்)

சட்டத்திற்கு மாறாக ஒரு வளையம், மற்றொரு வளையத்தின் மேல் சுற்றினால் முதல் வளையத்திலுள்ள ஒரு புள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவம் வளை சுழல்வரை (Cycloidal) எனப்படும். (படம்-9.1.2)

இந்த இரண்டு வகை பல்சக்கர வடிவங்களில் சுருள் விரி வரை (Involute) வடிவமே பரவலாகவும், துல்லியமான பல்சக்கரங்கள் செய்யவும் இன்று பயன்படுகிறது. ஏனென்றால்,

(1) இச்சக்கரங்களை செய்வது எளிது

(2) இவ்வகை பல்சக்கரங்கள் மாற்றம் இல்லா வேகத்தோடு ஆற்றலை செலுத்தும் (Uniform velocity ratio)

(3) இந்த வகை பல்சக்கரங்கள் இயங்கும்போது ஓசை எழுப்பாது

(4) பல் சட்டங்களில் (Rack) உள்ள பற்கள் நேராகவே இருக்கும்.

(5) இந்த வகை பற்சக்கரங்களின் அழுத்த கோணம் 200 அல்லது 14½0 என்று இருக்கும்.

9.3 பற்சக்கரங்களின் வகைகள்

(1) நேர் பற்சக்கரம் (Spur gears)

(2) சாய் பற்சக்கரம் (Helical gears)

(3) சுருள் பற்சக்கரம் (Spiral gear)

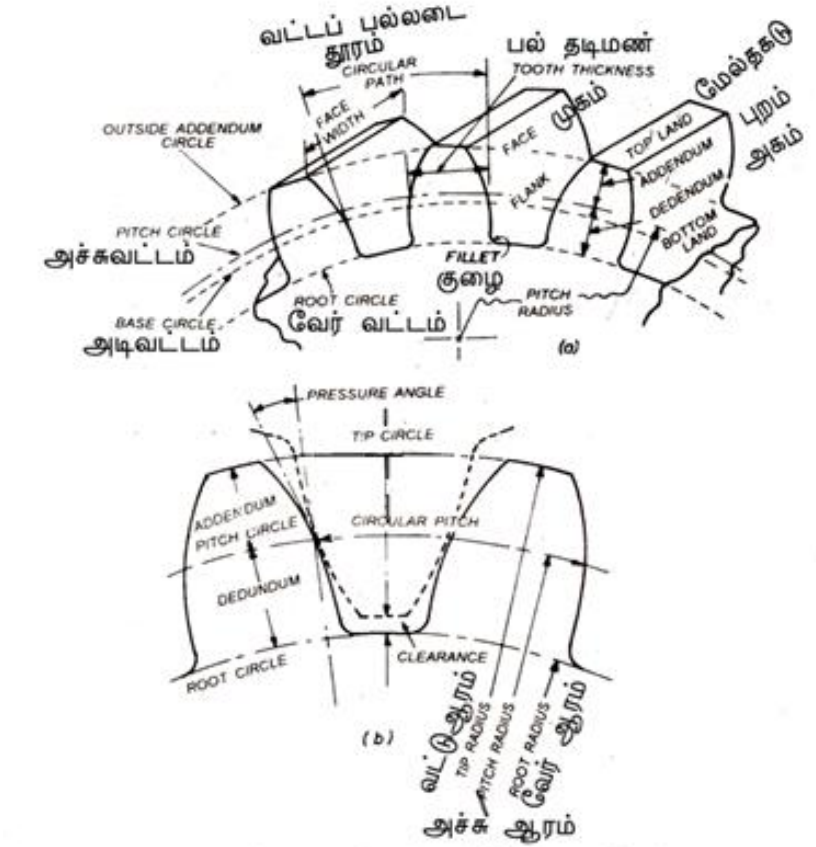
(4) கூம்பு பற்சக்கரம் (Bevel gears)

(5) புரி பற்சக்கரம் (Worm & Wheel Gear Pair)

9.4 பற்சக்கரத்தின் அங்கங்கள் **:**

9.4.1 அடிவட்டம் **(Base circle)**

விரி சுருள் வரை வடிவத்தை ஏற்படுத்துவதற்கு அடிப்படையாக இருக்கும் வட்டம். இது மாறாதது, நிலையானது.



படம்-9.2 பற்சக்கரத்தின் பகுதிகள்

9.4.2 அச்சுவட்டம் (அ) பல்லிடை வட்டம் **(Pitch circle)**

பல கணக்கீடுகளுக்குப் பயன்படும் கற்பனையான ஒரு வட்டம். பொதுவாக பற்களின் உயரத்தை ஏறக்குறைய இரண்டாகப் பிரிக்கும் வட்டம் இது. ஆனால் முடிவில்லா பல அச்சு வட்டங்களை அழுத்த கோணங்களுக்கு ஏற்ப போட முடியும்.

பல்லிடை வட்ட விட்டம் (Pitch Circle Diameter) பற்சக்கரம் ஏற்படுத்தும் அதே சுழற்சியை ஏற்படுத்தும் ஒரு சக்கரத்தின் விட்டம்.

9.4.3 பல்விட்டம் (Module)

ஒரு பல்லுக்குரிய பல்லிடை விட்ட நீளம் அல்லது பல்லிடை விட்டத்திற்கும், பற்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள விகிதம்.

பல் விட்டம், M = D/N

இங்கு, D = அச்சு விட்டம்

N = பற்களின் எண்ணிக்கை

9.4.4 விட்டப் பல்லிடை தூரம் (Diameter Pitch)

பற்களின் எண்ணிக்கைக்கும் பல்லிடை வட்ட விட்டத்திற்கும், உள்ள விகிதமே விட்டப் பல்லிடை தூரம் அல்லது விட்டப் பல் எனப்படும்.

$$\text{விட்டப்பல்} = \frac{\text{மொத்த பற்கள்}}{\text{பல்விட்டம்}} = \frac{N}{D} = \frac{1}{\text{பல்விட்டம்}}$$

9.4.5 வட்ட பல்லிடை தூரம் (Circular Pitch)

பல்லிடை வட்டத்தில், ஒரு பல்லின் பக்கத்துக்கும், அதற்கடுத்த பல்லின் அதே மாதிரியான பக்கத்துக்கும் இடையிலுள்ள வில் தூரம்.

$$\text{வட்ட பல்லிடை தூரம்} = \frac{\pi D}{N} = \pi M, \quad M = \text{பல்விட்டம்} = \frac{D}{N}$$

9.4.6 புறம் **(Addendum)**

பல்லிடை வட்டத்துக்கும், பல்லின் மேற்புற தளத்துக்கும் இடைப்பட்ட ஆர தூரமே (Radial distance) மேற்புறம் அல்லது புறம் எனப்படும்.

9.4.7 இடைவெளி **(Clearance)**

இரண்டு பற்சக்கரங்கள் ஒன்றோடு ஒன்று சமமாக இணையும்போது, ஒரு பல்லின் முனைக்கும், மற்ற பல்லின் அடிக்கும் இடையிலுள்ள ஆர தூரமே இடைவெளி எனப்படும். இது 0.157M என்று வரையறை செய்யப்பட்டுள்ளது.

9.4.8 அகம் **(Dedundum)**

பல்லிடை விட்டத்துக்கும், பல்லின் அடிக்கும் இடைப்பட்ட தூரம். அகம் எனப்படும்.

அகம் = புறம் + இடைவெளி

= M + 0.157M

= 1.157M

9.4.9 வட்டு விட்டம் **(Blank Diameter)**

ஒரு பல்சக்கரத்தை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படும் வட்டின் விட்டம்.

வட்டு விட்டம் = பல்லிடைத் தூர விட்டம் + 2 x புறம்

= M x N + 2M = M(N + 2)

9.4.10 பல் தடிமன் **(Tooth thickness)**

பல்லிடைத் தூர வட்ட விளிம்பில் ஒரு பல்லின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து அதன் அடுத்த பக்கத்துக்கும் இடையிலுள்ள வட்ட தூரம்.

பொது பல்தடிமன் = 1/2 வட்டப் பல்லிடைத் தூரம்

$$= \frac{1}{2} \times \pi M$$

$$= \frac{\pi M}{2}$$

ஆனால் பல்சக்கரங்களுக்கு இடையில் அதன் பின்னோட்டத்திற்காக (Backlash) சற்று இடைவெளி விடப்படும். ஆகையால், பல் தடிமன் சற்று குறைவாகவே இருக்கும்.

9.4.11 பல்முகம் **(Face of tooth)**

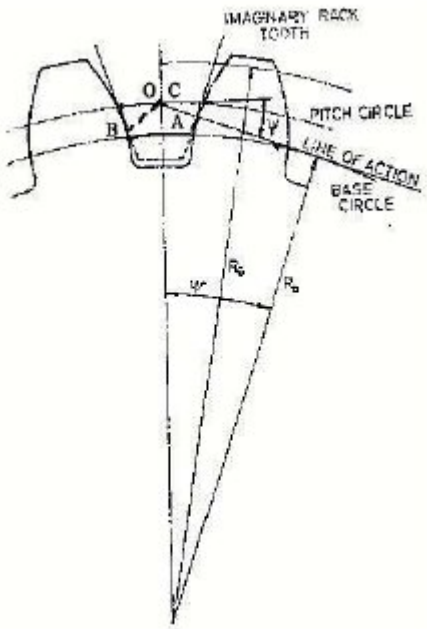
பல்லிடைத் தூர வட்டத்துக்கு மேற்புறமுள்ள பக்கம் பல் முகம் எனப்படும்.

9.4.12 பல்லணை **(Flank of the Tooth)**

பல்லிடைத் தூர வட்டத்துக்கு கீழ்ப்புறமுள்ள பல்லின் பக்கம் பல்லணை எனப்படும்.

9.4.13 செயல்கோடும் **(Line of the Action)**
அழுத்தக் கோணமும் **(Pressure angle)**

இரண்டு பல் சக்கரங்கள் சமமாக இணையும்போது அவற்றின் அடி வட்டங்களின் பொது தொடு செயல் கோடு எனப்படும். இந்த கோட்டின் வழியாகத்தான் ஆற்றலோ, இயக்கமோ செலுத்தப்படும். பொது தொடுகோட்டுக்கும், செயல் கோட்டுக்கும் இடையிலுள்ள கோணம் அழுத்த கோணம் எனப்படும். இந்த கோணம் 14½ ^{0} அல்லது 20^0 ஆகும்.



படத்தில், $\frac{OA}{OB} = \cos\ \psi = \frac{Rb}{Rp} = \frac{Db}{D}$

∴ அடிவட்டத்தின் விட்டம் = பல்லிடை தூர விட்டம் x $\cos\psi$

9.4.14 அடி பல்லிடை தூரம் **(Base pitch)**

பல்லின் அடிவட்டத்தில், ஒரு பல்லின் தொடக்கப் புள்ளிக்கும், அடுத்த பல்லின் தொடக்க புள்ளிக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்,

$$\text{அடிப் பல்லிடைத் தூரம்} = \frac{\text{அடி வட்ட சுற்றளவு}}{\text{பற்களின் எண்ணிக்கை}}$$

$$= \frac{\pi \text{ x அடி வட்டம்}}{N}$$

$$= \frac{\pi \text{ x D} \cos\psi}{N}$$

$$= \pi M \cos\psi$$

9.4.15 சுருள் விரி வரை சார்பு **(Involute Function)**

கணக்கியிலாக, சுருள்விரிவரை சார்பு

$\delta = tan\psi - \psi$. δ என்பது சுருள்வரி வரையின் சார்பு எனப்படும்.
ψ = அழுத்தகோணம்

9.5 பல்சக்கரத்தை அளத்தல்

இரண்டு பற்சக்கரங்கள் இணைந்து சுழலும் போது ஒரு சக்கரத்தின் பல் இன்னொரு சக்கரத்தின் பல் இடைவெளியில் புகுந்து அதை இயக்குகிறது. இரண்டு பற்களும் ஒரே அளவாக இருக்கும் போது இயக்கம் சீராக இருக்கும். ஆனால் ஒரு பல், மற்றொரு பல்லை விட சற்று பெரியதாகவோ, சிறியதாகவோ இருந்துவிட்டால், அப்பொழுது அந்த சக்கரங்களைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும் தண்டுகளுக்கு இடையேயுள்ள அழுத்தம் வேறுபடும். அதனால் இயக்கம் கெடும். எனவே, பல்சக்கரங்களில் உள்ள பற்கள் சரியாக இருக்க வேண்டியது மிகவும் அவசியமாகும்.

ஒரு பல்லின் வடிவம் மாறும் போதும், அதன் தடிமன் மாறும்போதும், அல்லது இரண்டு பற்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளி மாறும்போதும் சிக்கல் ஏற்படும். ஆகவே இவற்றை அளந்து சரிபார்த்து கண்காணிப்பது மிகவும் அவசியமாகும்.

பற்சக்கரங்களில் அளக்க வேண்டிய கூறுகள்

(1) பல்லின் தடிமன் (Tooth thickness)

(2) பல்லிடைத் தூரம் (Pitch)

(3) பல்லின் வடிவம் (Profiles)

9.6 பல்லின் தடிமனை அளத்தல்

பற்சக்கரங்களில் உள்ள பல்லின் வடிவம் அடியிலிருந்து நுனிவரை போகப்போக

மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். ஒவ்வொரு இடத்திலும் ஒரு அளவு இருக்கும். ஆகவே பல்லின் தடிமனை அளக்க, அளக்க வேண்டிய இடத்தை முதலில் முடிவு செய்து கொள்ள வேண்டும். அதற்கேற்ப அளக்கும் முறைகள் மாறும். அளக்கும் இடத்தைப் பொருத்து, தடிமனை கீழ்க்காணும் முறைகளில் அளக்கலாம்.

(1) பல்லிடைத் தூர வட்டத்தில் அளத்தல்

(2) நிலை நாண் (Constant Chord) இடத்தில் அளத்தல்

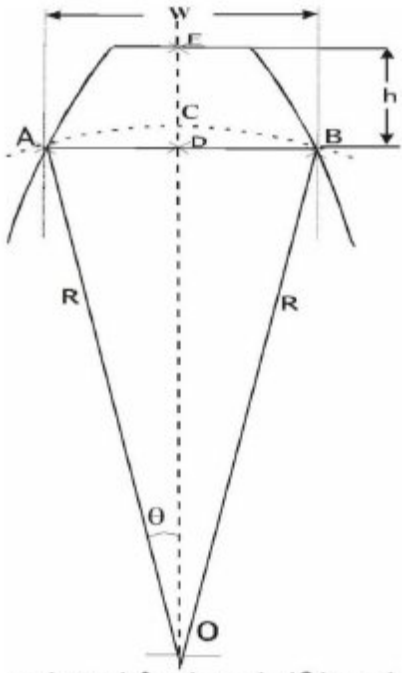
(3) அடி தொடுகோட்டு முறையில் அளத்தல் (Base tangent method)

(4) துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டு அளத்தல்.

இம்முறைகளைப் பற்றி இனி விரிவாகக் காண்போம்.

9.6.1 பல்லிடை வட்டத்தில் அளத்தல்

பல்லிடை வட்டத்தில் A, B என்ற புள்ளிகளுக்கு இடையிலுள்ள தூரமே பல்லின் தடிமன் எனப்படும். இந்த தூரத்தை அளந்து விட்டால் தடிமன் தெரிந்து விடும். ஆனால், பல்லிடை வட்டம் என்பதே ஒரு கற்பனைக் கோடுதான். நேரடியாக கண்களுக்குப் புலப்படாது. ஆகவே, அந்த புள்ளிகளின் இடத்தை முதலில் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அதற்கு பல்லின் நுனியிலிருந்து, AB என்ற புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடுவரை உள்ள உயரம் தெரிய வேண்டும். இதை பற்சக்கரத்தின் அடிப்படை கோட்பாட்டிலிருந்து கண்டுபிடிக்கலாம்.



படம்-9.3 பல்லிடைத்தூர வட்டத்தில் தடிமன்

படத்தில்,

பல்லின் தடிமன் = AB = 2AD

உயரம் h = OE – OD

இங்கு, OE = OC + CE

OC = பல்லிடை விட்டம்/ 2

OC = R = NM/2

CE = மேற்புறப் பல் = M

$\therefore$ $OE = \frac{NM}{2} + M$

OAD என்ற முக்கோணத்தில்

$$\cos\theta = \frac{OD}{OA}$$

$$OD = OA\cos\theta,\ OA = R = \frac{NM}{2}, \theta = \frac{360}{4XN} = \frac{90}{N}$$

$$\therefore\ OD = \frac{NM}{2}\ \mathrm{Cos}\left(\frac{90}{N}\right)$$

எனவே, உயரம் $h = OE - OD$

$$h = \left(\frac{NM}{2} + M\right) - \left(\frac{NM}{2}\cos\left(\frac{90}{N}\right)\right)$$

$$\boxed{h = \frac{NM}{2}\left[1 + \frac{2}{N} - \cos\left(\frac{90}{N}\right)\right]}$$

உயரத்தைக் கணக்கிட்ட பிறகு, AB என்ற புள்ளிகளின் இடம் தெரிந்துவிடும். அந்த இடத்தில் தடிமனை அளக்கலாம். ஆனால் தடிமன் சரியாக உள்ளதா என்பதை எப்படி தெரிந்து கொள்வது? அதற்கு சரியாக தடிமனையும் கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

AOD என்ற முக்கோணத்தில்

$$\theta = \frac{360}{4N} = \frac{90}{N}$$ N = பற்களின் எண்ணிக்கை

$$\text{Sin}\,\theta = \frac{AD}{AO}$$

AO = பல்லிடை வட்டத்தின் ஆரம் = $\frac{NM}{2}$

$$AD = AO \sin\theta$$

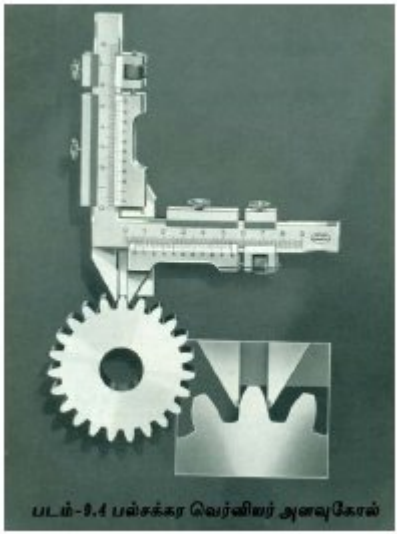
$$= \frac{NM}{2} \sin\left(\frac{90}{N}\right)$$

எனவே, தடிமன் = W = 2 x AD

$$= \frac{2 \times N \times M}{2} \text{Sin}\left(\frac{90}{N}\right)$$

$$W = N \times M \times \text{Sin}\left(\frac{90}{N}\right)$$

பல்லின் தடிமனை இந்த முறையில் சரியாக அளப்பதற்கு சரியாக உயரத்தைக் கண்டறிவதும், அந்த இடத்தில் சரியாக தடிமனை அளப்பதும் முக்கியத் தேவையாகிறது. சாதாரண அளக்கும் கருவிகளைக் கொண்டு இதைச் செய்ய முடியாது. இதற்கெனத் தனியாக உருவாக்கப்பட்ட அளக்கும் கருவியே பல்சக்கர வெர்னியர் அளவுகோல் ஆகும்.



படம்-9.4 பல்சக்கர வெர்னியர் அளவுகோல்

இது இரண்டு வெர்னியர் அளவு கோல்களை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக இருக்குமாறு உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. செங்குத்தாக உள்ள வெர்னியர் அளவுகோலில் ஒரு தகடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். அது கிடையாக இருக்கும் வெர்னியர் அளவுகோலின் அளக்கும் தாடைகளுக்கு இடையே மேலும் கீழும் நகரும். ஆகவே தேவையான உயரத்தில் மேலே நகர்த்தி, நிலையாக பூட்டி விடலாம். அதன் பிறகு தகட்டின் அடிப்பாகம் பல்லின் மேல் தளத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்துக் கொண்டு, கிடை வெர்னியரின் நகரும் தாடையை பல்லின் மறுபக்கத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு சரி செய்து பல்லின் தடிமனை அளக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு

18 பற்களும், 5 பல் விட்டமும் கொண்ட பற்சக்கரத்தின் பல் தடிமனை, பல்லிடை விட்டத்தில் அளக்கத் தேவையான உயரத்தையும் தடிமனையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

இங்கு பற்களின் எண்ணிக்கை N = 18

பல் விட்டம் M = 5

ஆகவே, உயரம்

$$h = \left[\frac{NM}{2} + \frac{2}{N} - \cos\left(\frac{90}{N}\right)\right]$$

$$= \frac{18x5}{2} + \frac{2}{18} - \text{Cos}\left(\frac{90}{18}\right)$$

$$= \frac{90}{2} + \frac{1}{9} - \text{Cos}(5) \quad = 45 + 0.11 - 0.996$$

$$= 5.175 \text{ மி.மீ.}$$

பல் தடிமன் $W = N \times M \times \text{Sin}\frac{90}{N}$

$$= 18 \times 5 \times \text{Sin}\frac{90}{18}$$

$$= 18 \times 5 \times \text{Sin}(5)$$

$$= 18 \times 5 \times 0.087 = 7.83 \text{ மி.மீ.}$$

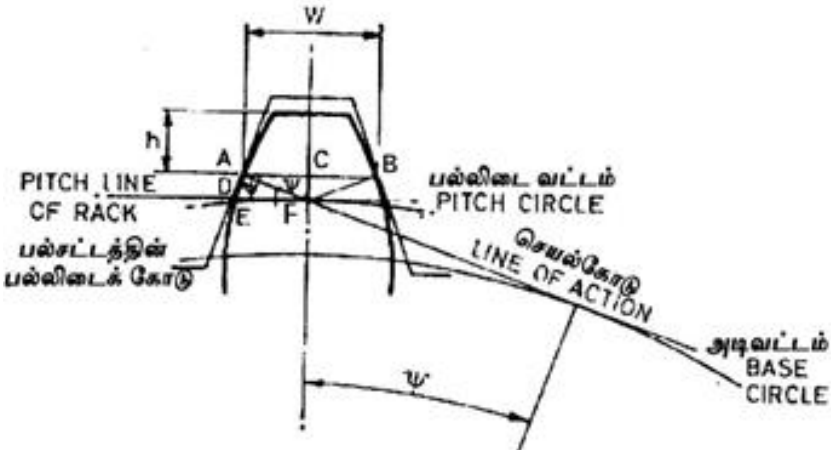
இந்த முறையில் பல்லின் தடிமனை அளக்க ஒவ்வொரு பற்சக்கரத்துக்கும், பற்சக்கரங்களின் எண்ணிக்கை, பல்விட்டம் ஆகியவற்றுக்கு ஏற்ப உயரமும், தடிமனும் மாறும். ஆகவே ஒவ்வொரு முறையும் புதிதாக உயரத்தையும், பல்விட்டத்தையும் கணக்கிட்டு பற்சக்கர

வெர்னியர் அளவுகளின் தகட்டின் உயரத்தை மாற்ற வேண்டும். வெவ்வேறு பற்களின் எண்ணிக்கைக் கொண்ட பற்சக்கரங்களை உற்பத்தி செய்யும் தொழிற்சாலைகளில் இந்த முறை சிரமத்தை ஏற்படுத்தும்.

ஒன்றோடு ஒன்று இணைந்து சுழலும் பற்சக்கரங்களில் உள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை மாறினாலும், அவற்றின் பல்விட்டம் ஒன்றாகத்தான் இருக்கும். ஆகவே உயரத்தையும், தடிமனையும் கணக்கிடும்போது, பல்விட்டத்தை மட்டும் கணக்கில் கொள்ளும் முறை இருந்தால் அம்முறை எளிமையானதாக இருக்கும். அத்தகைய எளிமையான ஒரு முறையே நிலை நாண் முறை ஆகும்.

9.6.2 நிலை நாண் முறை **(Constant Chord Method)**

ஒரு பற்சக்கரத்தை அதற்குறிய அடிப்படையான பல்சட்டத்தோடு (Rack) பொருத்தினால், பற்களின் எண்ணிக்கை எதுவாக இருந்தாலும், அது ஒரு நிலையான இடத்தில்தான் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். இந்த இடமே நிலைநாண் எனப்படும்.



படம்-9.5 நிலைநாண் இடத்தில் பல்தடிமன்

படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல், பல்சட்டத்தின் பல்லிடைக்கோடு, பற்சக்கரங்களின் பல்லிடை வட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். பல்சட்டத்தின் பல்லிடைக் கோட்டில், பல் தடிமன் என்பது, பற்சக்கரத்தின் பல்லிடை வட்டத்தில் உள்ள வில் பல்தடிமனுக்குச் சமமாக இருக்கும். ஏனென்றால் பல் சட்டம் என்பது, பற்சக்கரத்தை நேராக நிமிர்த்தியதற்கு ஒப்பானதாகும்.

படத்தில்

FD = FD = EF என்ற வில் அளவு

$= \frac{1}{4}$ வட்டப் பல்லிடைத் தூரம்

$= \frac{1}{4} \times \frac{\pi \times D}{N}$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times M$

D = பல்லிடை விட்டம்

N = பற்களின் எண்ணிக்கை

AF என்பது செயல் கோடு என்பதால், AFE என்ற முக்கோணத்தில்

$\angle AFE = \psi$ = அழுத்தக் கோணம்

∴ AFD என்ற முக்கோணத்தில்

$AF = FD \cos\psi$

$FD = \frac{\pi M}{4}$

$AF = \frac{\pi}{4} M \cos\psi$

FAC என்ற முக்கோணத்தில்

$\cos\psi = \frac{AC}{AF}$

∴ $AC = AF \cos\psi$

$= \left(\frac{\pi}{4} M \cos\psi\right) \cos\psi$

$= \frac{\pi}{4} M \cos^2\psi$

நிலைநாண் $\boxed{W = 2AC = \frac{\pi}{2} M \cos^2\psi}$ ———— 3

மேலும்,

$$\sin\psi = \frac{FC}{AF}$$

$$\therefore \quad FC = AF \sin\psi$$

$$= \frac{\pi M}{4} \cos\psi \ \sin\psi$$

உயரத்தைக் கணக்கிட

உயரம் $h = HF - FC$ (இங்கு HF என்பது மேற்புற உயரம் = M)

$$\therefore \text{ உயரம் } h = M - \frac{\pi}{4} M \cos\psi \ \sin\psi$$

$$\boxed{h = M\left[1 - \frac{\pi}{4} \cos\psi \ \sin\psi\right]} \quad \text{———} \quad 4$$

3, 4 ஆகிய சமன்பாடுகளில் பல்விட்டம் M மற்றும் அழுத்த கோணம் மட்டுமே உள்ளது என்பதும், பற்களின் எண்ணிக்கை இல்லை என்பதும் நோக்கத்தக்கது. பல்சக்கர வெர்னியர் அளவுமானியில் உயர்த்தை ஒரு முறை வைத்து விட்டால், பல்வேறு பல் எண்ணிக்கைக் கொண்ட பற்சக்கரங்களுக்கும் அதனை மாற்றாமல் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு :

கணக்கு :

18 பற்களும், 5 பல்விட்டமும் கொண்ட பல் சக்கரத்தின் பல் தடிமனை நிலைநாணில் அளவிடத் தேவையான உயரத்தையும், தடிமனையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு :

இங்கு பற்களின் எண்ணிக்கை N = 18
பல்விட்டம் M = 5
அழுத்தக் கோணம் ψ = 20

ஆகவே உயரம் h $= M - \frac{\pi}{4} M \cos\psi \sin\psi$ Cos 20 = 0.9396

$= 5\left[1 - \frac{\pi}{4} M \cos(20) \sin(20)\right]$ Sin 20 = 0.3420

$= 5\left[1 - \frac{3.14}{4} \text{ x } 0.9397 \text{ x } 0.3420\right] = 3.73$ மி.மீ.

நிலைநாணில் பல் தடிமன் $= \frac{\pi}{2} M \cos^2\psi$

$= \frac{\pi}{2} x\ 5\ x\ \cos^2 20$

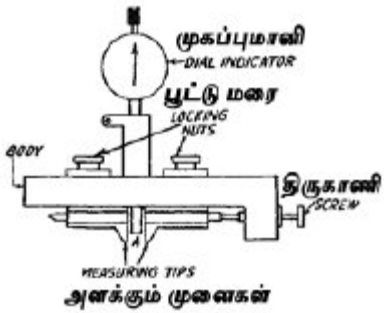
$= \frac{3.14}{2} \text{x } 5 \text{ x } 0.883 = 6.9315$ மி.மீ.

உயரத்தைக் கணக்கிட்ட பிறகு வெர்னியர் அளவுகோலில் தகட்டை அதற்கேற்ப மேலே நகர்த்தி நிலையாக முடுக்கிவிட வேண்டும். பிறகு பல்லின் மேற்புறத்தில் தகட்டைப் பொருத்தி, தடிமனை அளந்து, அந்த அளவைக் கணித்த அளவோடு ஒப்பிட்டு சரிபார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

9.6.3. பற்சக்கர ஒப்பளவி **(Gear Tooth Comparator)**

பற்சக்கரத்தின் மேற்புற தளத்திலிருந்து, பற்சக்கரத்தின் தடிமனும், வடிவமும் எப்படி மாறுகிறது என்பதை சரியான ஒரு பற்சக்கரத்தோடு ஒப்பிட்டு சரிபார்ப்பதற்குப் பயன்படும் கருவி பற்சக்கர ஒப்பளவி ஆகும்.

இதில் உள்ள ஒரு சட்டத்தின் அடியில் இரண்டு நகரும் தாடைகள் பொருத்தப்பட்டு ஒரு திருகு மரையோடு இணைக்கப் பட்டிருக்கும். திருகு மரையை சுற்றும் போது தாடைகள் உட்புறமாகவோ, வெளிப்புறமாகவோ நகரும். இரண்டு தாடைகளுக்கு நடுவில் ஒரு முகப்பளவியின் அச்சுத் தண்டு நீண்டுக் கொண்டிருக்கும்.



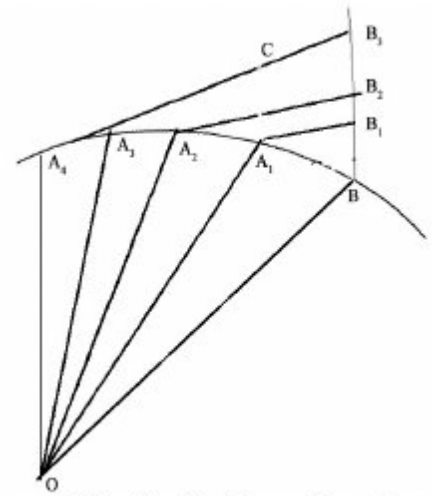
படம்-9.6 பற்சக்கர ஒப்பளவி

இரண்டு நகரும் தாடைகளுக்கு இடையே ஒரு சரியான செந்தர பற்சக்கரத்தை வைத்தோ, அல்லது நழுவுச் சட்டங்களை வைத்தோ நிலைப்படுத்தி, முகப்பு மானியில் அளவு 0- இருக்குமாறு சரி செய்து விடலாம்.

பிறகு அந்த இடத்தில் சரிபார்க்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தின் பல்லை நுழைத்து முகப்புமானியில் அளவு எடுத்துக் கொள்ளலாம். பிழையில்லாவிட்டால், 0-அளவில் மாற்றமிருக்காது.

9.7 அடிதொடுகோட்டு முறை **(Base Tangent Method)**

அடிவட்டத்தின் மேல் சுற்றப்பட்ட ஒரு கயிற்றைப் பிரிக்கும்போது அதில் உள்ள ஒரு புள்ளி உருவாக்கும் வடிவமே சுருள் விரி வரை (Involute) என்று முன்னர் வரையறை செய்யப்பட்டது. ஆகவே, கயிற்றில் உள்ள அந்தப் புள்ளிக்கும், அடிவட்டத்தில் அது தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் புள்ளிக்கும் இடையில் உள்ள தூரமும், அடிவட்டத்தில் உள்ள வில் தூரமும் ஒன்றாக இருக்கும்.



படம்-9.7 அடிதொடுகோட்டு முறையின் அடிப்படை

கயிற்றைப் பிரிப்பதற்கு முன்னர் B என்ற புள்ளி அடிவட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிறது என்று கொள்வோம். கயிற்றைச் சற்று பிரித்ததும் B என்ற புள்ளி வட்டத்திலிருந்து விலகி B_1 என்ற இடத்தை அடையும். மேலும், அது செல்லும் பாதையை குறித்தால் அது B_1, B_2, B_3 என்ற சுருள் விரிவரையாகும். இப்பொழுது A_1 என்ற புள்ளி அடிவட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்.

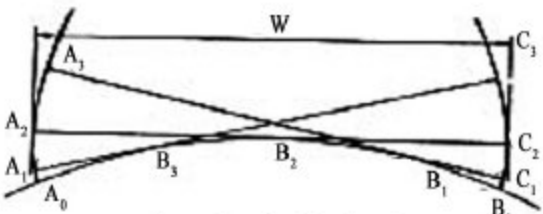
ஆகவே, A_1B என்ற வட்டதூரம், A_1 B_1 என்ற நேர்கோட்டுத் தூரமும் ஒன்றாகும்

அதாவது, $A_1B = A_1 B_1$

இதேபோல், $A_2 A_1B = A_2 B_2$

ஒரு பற்சக்கரத்தில் சில பற்களுக்கு இடையுள்ள தூரத்தை தொடு கோட்டின் வழியாக அளந்தால், அது அந்த பற்கள் தொடங்கும் அடிவட்டத்தின் வில் தொலைவுக்கு சமமாக இருக்கும்.

படத்தில் $A_0\ B_2\ B_0$ என்பது அடிவட்டத்தில் வில்தூரம்.



படம்-9.8 அடிதொடு கோட்டின் பண்புகள்

முன்னரே சுட்டிக் காட்டியபடி,

$$A_0B_0 = A_0B_2 + B_2B_0$$

$$A_0B_2 = A_2B_2$$

$$B_2B_0 = B_2C_2$$

∴ $A_2B_2C_2 = A_2C_2$ என்ற நேர் தொலைவு
$= A_0B_2B_1B_0$ என்ற வில் தொலைவு

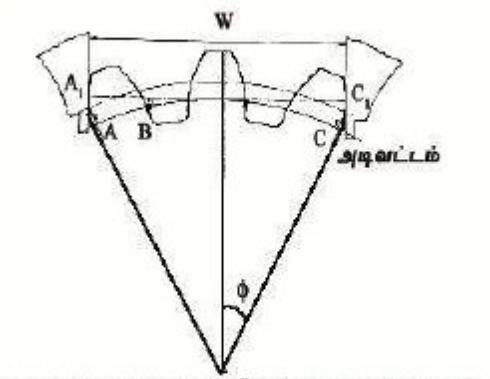
இதைபோல்,

$A_1B_2C_3 = A_3B_1C_1 = A_0B_0$ என்ற வில் தொலைவு

ஆகவே இரண்டு பற்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை

அளப்பது என்பது அந்த பற்களின் தடிமனை அதன் அடிவட்டத்தில் அளப்பதற்கு ஒப்பாகும்.

சில பற்களின் தடிமன் அடிவட்டத்தில் சரியாக இருக்கிறதா என்பதைச் சரிபார்க்க தடிமனை முதலில் கணக்கியலாகக் கணித்துக் கொள்ள வேண்டும். படத்தில் மூன்று பற்களுக்கு இடையிலுள்ள தடிமண் என்பது ABC என்று கொண்டால்



படம்-9.9.1 அடிவட்டத்தில் பல்தடிமன் அளத்தல்

ABC = 3 பல்லிடைத்தூரம் – 1/2

= (2 1/2 பல்லிடைத்தூரம்)

A1க்கும், C1க்கும் இடையிலுள்ள கோணம்

$$= \left(3 - \frac{1}{2}\right)\frac{2\pi}{N}$$

ஏனென்றால் ஒரு பல்லிடைத் தூரத்திற்கான கோணம்
= 360/N = 2π/N

AC க்கு இடையிலுள்ள கோணம்

$$= (3 - 1/2)\,\frac{2\pi}{N} + 2(\tan\psi - \psi)$$

$$\therefore \quad AC = \left[(3 - 1/2)\,\frac{2\pi}{N} + 2(\tan\psi - \psi) \right] \times RB,$$

RB = அடிவட்ட ஆரம்

ஆனால் $\boxed{R_B = R_p \cos\psi}$

ஆகவே, $AC = \left[(3 - 1/2)\,\frac{2\pi}{N} + 2(\tan\psi - \psi) \right] \times Rp \cos\psi$

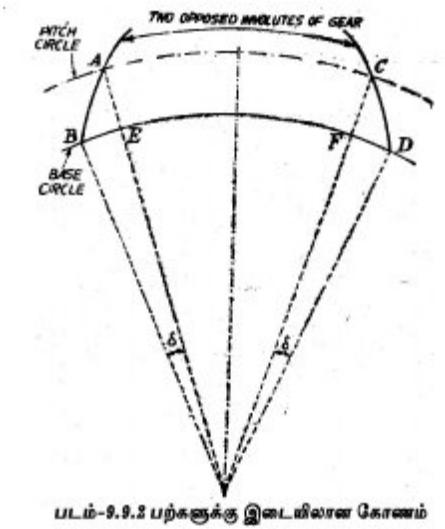
R_p என்பது பல்லிடை வட்டத்தின் ஆரம் = MN/2

ஆகவே, $AC = \left[(3 - 1/2)\,\frac{2\pi}{N} + 2(\tan\psi - \psi) \right] \times \frac{MN}{2} \cos\psi$

இங்கு மூன்று பற்களுக்கு இடையிலான தொடுகோட்டுத் தூரம் அளக்கப்படுகிறது. இதற்கு பதிலாக, S எண்ணிக்கையில் உள்ள பற்களுக்கு இடையேயான தூரம் அளக்கப்படுகிறது என்று பொதுவாகக் கொண்டால்,

$$W = \frac{MN}{2} \cos\psi \left[(S - 1/2)\,\frac{2\pi}{N} + 2(\tan\psi - \psi) \right]$$

$$\boxed{W = MN \cos\psi \left[\frac{\pi S}{N} - \frac{\pi}{2N} + (\tan\psi - \psi) \right]}$$



படம்-9.9.8 பற்களுக்கு இடையிலான கோணம்

இங்கு S = அளக்கும் தூரத்தில் உள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை

இந்த முறையில் பற்களின் எண்ணிக்கை பல்விட்டம், அழுத்த கோணம் ஆகியவை தெரிந்தால், எளிதாக S எண்ணிக்கையிலான பற்களுக்கு இடையேயான தடிமனை கணக்கிட்டு விடலாம். அதன் பிறகு ஒரு வெர்னியர் அளவுகோலைக் கொண்டே தடிமனை அளந்து சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம்.

S என்பது அளக்கும் பற்களுக்கு இடையில் உள்ள இடைவெளி என்றால்,

$$W = MN\,Cos\psi\left[\frac{\pi B_1}{N} - \frac{\pi}{2N} + (\tan\psi - \psi)\right]$$

பின்னோட்ட (Backlash) அளவுகள் கொடுக்கப்பட்டால் அந்த அளவை மேற்குறிப்பிட்ட சமன்பாட்டிலிருந்து கழித்து விடலாம்.

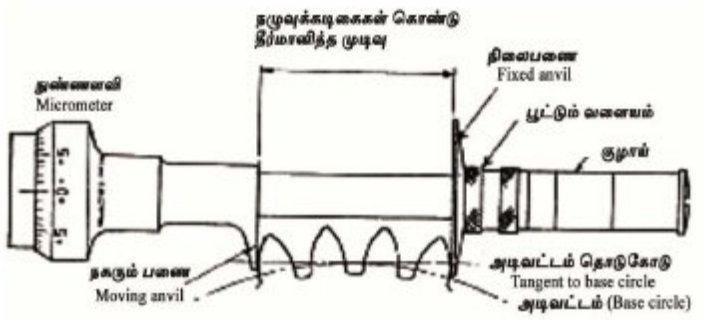
9.7.1 பற்சக்கர நுண்ணளவி **(Gear Micrometer)**

அடி வட்ட தொடுகோட்டு முறையில் தடிமனை அளப்பதற்கு பற்சக்கர நுண்ணளவிகளும் உள்ளன. இது பொதுவாகப் பயன்படும் நுண்ணளவியில் அளக்கும் முனையில் வட்டத் தட்டுக்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

படம்-9.9.3 பற்சக்கர நுண்ணளவி

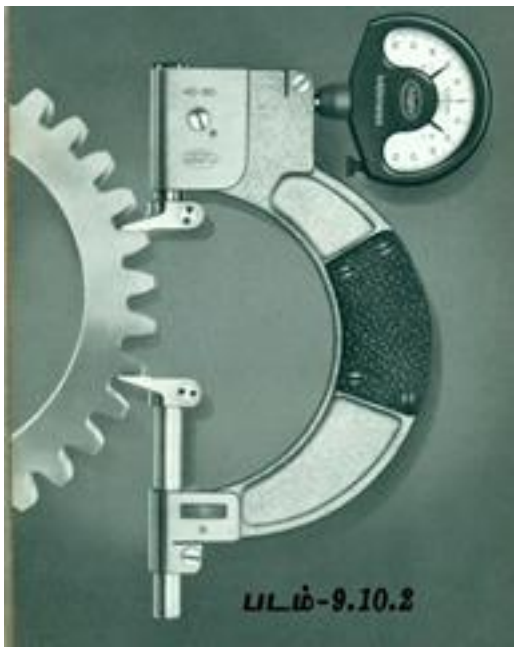
9.7.2 டேவிட் பிரவுன் அடிதொடுகோடு ஒப்பளவி **(David Brown Base Tangent Comparator)**

இக்கருவியில் ஒரு நீண்ட தண்டின் முனையில் ஒரு நுண்ணளவி நகரும் தாடையோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கும். மறுமுனையில் இணைக்க ஏதுவாக ஒரு வட்டத் தட்டும், ஆயத்த அளவுக் குழாய்களும் இருக்கும். நுண்ணளவியின் தாடைக்கும், வட்டத் தட்டுக்கும் இடையில் கணித்த அடிதொடு கோட்டுத் தூரத்திற்கேற்ப நிறுவிய நழுவுத் தண்டுகளை வைத்து, தேவையான அளவுக்கு குழாய்களை வலப்பக்கத்தில் பொருத்திக் கொள்ளலாம்.



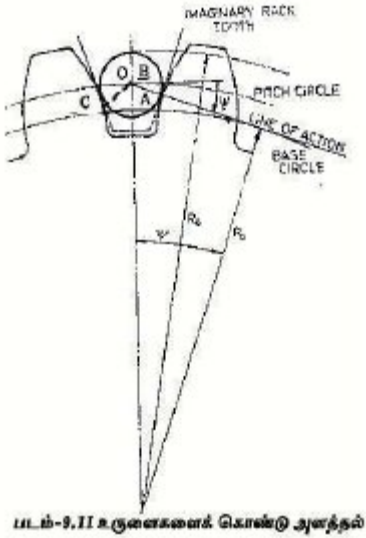
படம்-9.10.1 டேவின் பிரவுன் அடிதொடுகோடு ஒப்பளவி

இதனைக் கொண்டு அடி தொடுகோட்டுத் தூரத்தை சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம். அளவில் ஏற்படும் சிறு வேறுபாடுகளை நுண்ணளவி மூலம் அளந்து விடலாம்.



படம்-9.10.2

9.8 துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டு அளத்தல்



படம்-9.11 உருளைகளைக் கொண்டு அளத்தல்

இரண்டு துல்லிய அளவு கொண்ட உருளைகளைப் படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல் இரண்டு பற்களுக்கு இடையில் உள்ள காடியில் வைத்து, இரண்டுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை அளப்பதன் மூலம், பற்களின் காடியில் ஏற்பட்டுள்ள அளவு மாற்றங்களையும், பல்லிடை வட்ட விட்டத்தையும் அளந்து விடலாம்.

இதற்கு உருளைகளின் மையம் பல்லிடை வட்ட விட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு உருளைகளின் விட்டத்தை தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வது நல்லது.

படத்தில் ஒரு பல்சட்டத்தின் ஒரு பல், ஒரு பற்சக்கரத்தின் இரண்டு பற்களுக்கு இடையிலுள்ள காடியில் பொருந்தியுள்ளன. பற்சக்கரத்தின் பற்கள் அதனை AB என்ற இடங்களில் தொட்டுக் கொண்டிருக்கிறது. இப்பொழுது உருளையின் மையம் பல்லிடை வட்ட விளிம்பைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது

பல்சட்டத்தின் காடியில் AB என்ற இடங்களில் உருளையும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்.

இந்நிலையில், OAB என்ற முக்கோணத்தில், OA என்பது உருளையின் ஆரம் ஆகும்.

$$OB = \frac{\text{வட்டப் பல்லிடை}}{2} = \frac{\pi M}{4}$$

கோணம் $OAB = 90^0$

கோணம் AOB = அழுத்த கோணம் = ψ

ஆகவே, $OA = OB\ Cos\psi$

$$= \frac{\pi M}{4} Cos\,\psi$$

உருளையின் விட்டம் $= 2 \times OA$

$$= 2 \times \frac{\pi M}{4} Cos\psi$$

$$= \frac{\pi M}{2} Cos\ \psi$$

பற்களுக்கு இடையிலுள்ள காடியில், பல்லிடை வட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் மையமுள்ள உருளையின் விட்டம் இதுவாகும். பல்விட்டமும், அழுத்த கோணமும் மாறாத எல்லா பற்சக்கரங்களுக்கும் இது பொருந்தும்.

இரட்டைப் படை பற்களைக் கொண்ட பல்சக்கரங்களின் காடிகளில் பொருத்திய உருளைகளுக்கிடையிலான தூரம்.

= பல்லிடை விட்டம் + உருளையின் விட்டம்

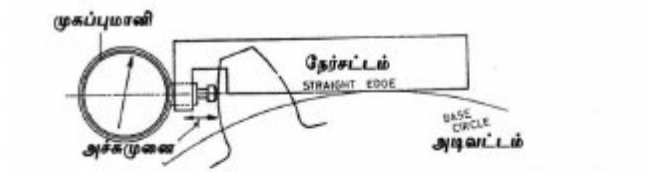
$= M \times N + \frac{\pi M}{2} Cos\psi$

$= M \left[N + \frac{\pi}{2} Cos\psi \right]$

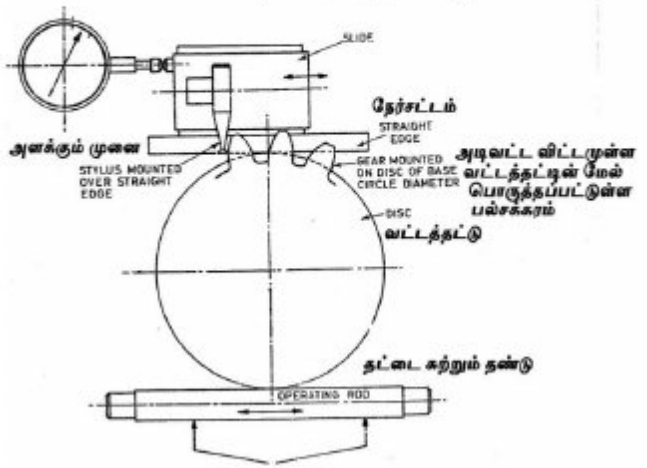
ஒற்றைப் படை பற்களைக் கொண்ட பற்சக்கரங்களில் உருளையின் இடையிலான தூரத்தை அளப்பதற்கு பதிலாக, ஒரு காடியில் மட்டும் உருளையைப் போட்டு ஆரத்தை அளந்து ஒப்பிட்டும் சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம்.

9.9 பற்சக்கரப் பல்வடிவம் சரிபார்த்தல்

ஒரு பற்சக்கரத்தின் அடிவட்டத்தின் மேல் ஒரு நேர் சட்டத்தை வைத்து நழுவாமல் சுற்றினால், அந்த சட்டத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளி ஏற்படுத்தும் வடிவமே சுருள்விரி வரை என்று முன்னரே கண்டோம். இந்த வரையரையை அடிப்படையாகக் கொண்டு, பல்லின் வடிவத்தை சரிபார்க்கலாம். இதற்கு சரிபார்க்க வேண்டிய பற்சக்கரத்துடன், அதன் அடிவட்டத்துக்கு சமமான ஒரு வட்டமான தட்டு ஒன்றை இணைத்துக் கொள்ள வேண்டும்.



படம்-9.12.1 பல்வடிவம் சரிபார்த்தலின் அடிப்படை

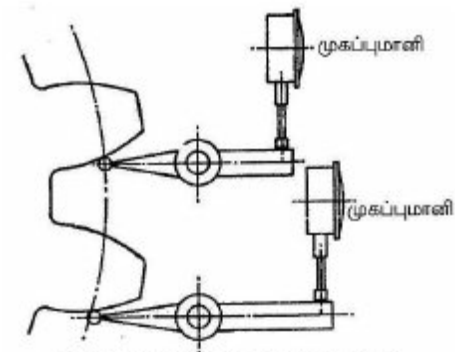


படம்-9.12.2 பல்வடிவம் சரிபார்த்தல்

இப்பொழுது வட்டத் தட்டின் மேல் ஒரு சட்டத்தை வைத்து, அதன் முனையில் ஒரு முகப்பு மானியைப் பொருத்தி, அதன் அச்சுத் தண்டு பல்லின் அடிப்பாகத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு சரிசெய்து விட்ட பிறகு, சட்டத்தை, நழுவாமல் நகர்த்தினால், அச்சுமுனை பல்வடிவத்தின் மேல் மெதுவாக நகரும். அச்சுமுனை முன்னரே வரையரை செய்தபடி ஒரு சுருள் விரி வரையைப் பின்பற்றும். இப்பொழுது பல்லின் வடிவம் சரியாக இருந்தால் முகப்பு மானியின் அளவு மாறாது. இல்லையென்றால், முகப்புமானியில் பிழையைக் காட்டிவிடும். இதன் மூலம் பல் வடிவத்தைச் சரிபார்த்து விடலாம்.

9.10 பல்லிடைத் தூரத்தை அளத்தல் **(Measurement of Pitch)**

பல்லிடைத் தூரம் என்பது பல்லிடைத் தூர வட்டத்தில், ஒரு பல்லின் ஒரு பக்க புள்ளிக்கும், அடுத்த பல்லின் புள்ளிக்கும் இடையிலுள்ள தூரம் ஆகும். ஆகவே இதனை இரண்டு முகப்பு மானிகளைக் கொண்டு அளக்கலாம்.

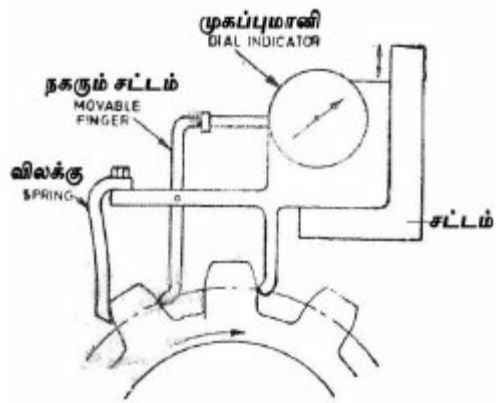


படம்-9.13 பல்லிடை தூரம் அளத்தல்

இதற்கு முதலில் பற்சக்கரத்தை ஒரு திருப்புத் தட்டின் (Indexing Plate) மேல் பொருத்தி விட்டு, முகப்பு மானிகளின் முனையைப் பல்லிடை வட்ட புள்ளிகளைக் கண்டறிந்து அங்கு தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு பொருத்தி, அதன் அளவுகளை 0- என்று சரிசெய்ய வேண்டும். முகப்புமானிகளின் அளவிடும் முனைகள் ஒரு கீலில் இயங்குவதால், அந்த முனைகளை, பற்சக்கரத்தின் பாதையிலிருந்து எளிதில் மடக்கி விடலாம். ஆகவே, முனைகளை மடக்கி விட்டு, திருப்புத் தட்டை சரியாக ஒரு பல்லின் கோண அளவுக்கு முதல் முகப்புமானியின் அளவு 0- என்றிருக்குமாறு திருப்ப வேண்டும். இப்பொழுது இரண்டாம் முகப்பு மானியின் அளவும் 0 என்றால், பல்லிடைத் தூரத்தில் பிழை இல்லை என்று பொருள். பிழையிருந்தால், அந்த அளவை இரண்டாம் முகப்பு மானி காட்டிக் கொடுத்துவிடும்.

ஒரு பல்லின் கோண அளவுக்குச் சரியாக திருப்ப ஏதுவாக இரண்டு முகப்புமானிகள் இங்கு பயன்படுகின்றன. சரியாக பற்சக்கரத்தை ஒரு கோண அளவுக்குத் திருப்பும் கருவிகள் (Indexing Units) இருந்தால், ஒரே ஒரு முகப்பு மானியைக் கொண்டே பல்லிடை தூரத்தை சரிபார்த்து விடலாம்.

வட்டப் பல்லிடைத் தூரத்தைச் சரிபார்ப்பதற்கு ஏற்ற கருவியும் உண்டு.



படம்-9.14 பல்லிடை தூரம் அளக்கும் கருவி

இதில் இரண்டு அளக்கும் கரங்கள் உண்டு. ஒரு கரம் நிலையாக இருக்குமாறும், மற்றொரு கரம் ஒரு முகப்புமானியின் அச்சுத் தண்டோடு பொருத்தியும் உள்ளது. கரங்களை அடுத்தடுத்த பற்களில் பொருத்துவதற்கேற்ப ஒரு வில் (Spring) தகடும் இறுதியில் இருக்கும்.

பற்சக்கரத்தை ஒரு திருப்புத் தட்டில் பொருத்திவிட்டு, கருவியில் உள்ள கரங்களின் முனைகள் பல்லிடை வட்டத்தில் இருக்குமாறும் சரிசெய்து கொள்ள

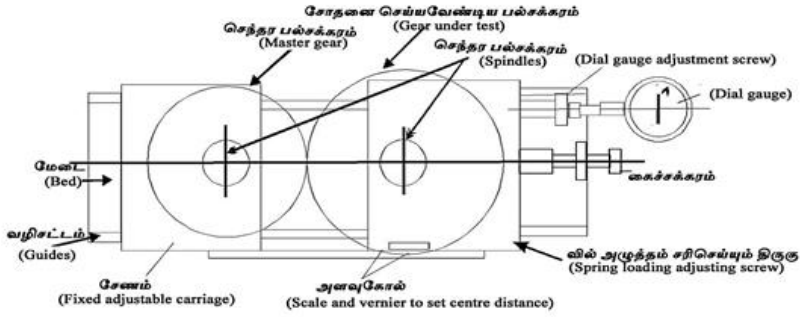
வேண்டும்.

இப்பொழுது கருவியை, பற்சக்கரத்தின் பாதையிலிருந்து நகர்த்தி, பற்சக்கரத்தை ஒரு பல்லின் கோண அளவுக்குத் திருப்பிய பிறகு, கருவியின் கரங்கள் பல்லின் பக்கங்களைத் தொடுமாறு மீண்டும் நகர்த்த வேண்டும்.

பல்லிடைத் தூரத்தில் பிழை இல்லை என்றால், முகப்புமானியின் அளவு மாறாமல் 0-என்றே இருக்கும். பிழை இருந்தால், அந்த அளவை முகப்புமானி காட்டி விடும்.

9.11 பற்சக்கரங்களின் கூட்டுப் பிழைகளை அளத்தல் **(Measurement of Composite Error of Gear)**

ஒரு பற்சக்கரத்தில், பல் தடிமன், வடிவம், பல்லிடைத் தூரம், மைய விலக்கம் என்று எந்த பகுதியில் பிழை ஏற்பட்டாலும், பற்களுக்கு இடையிலுள்ள காடியின் அளவை அதிகரிக்கும் அல்லது குறைக்கும். இதனால் ஒன்றோடு ஒன்று பொருந்தி பற்சக்கரம் ஒரு அழுத்தத்தோடு சுழலும்போது, ஒரு பற்சக்கரம் உள்நோக்கியோ, வெளிநோக்கியோ நகரும். இந்த நகர்வின் அளவே பற்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழையின் அளவாகும்.



படம்–9.15 சுழலும் பல்சக்கர எந்திரம்

கூட்டுப் பிழையை அளப்பதற்கு, ஒரு துல்லியமான செந்தர பற்சக்கரத்தோடு அளக்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தைச் சரியாகப் பொருத்தி சுற்ற வேண்டும். இதற்கேற்ப வடிவமைக்கப்பட்ட எந்திரம், சுழலும் பற்சக்கர எந்திரம் (Rolling Gear tester) எனப்படும்.

இந்த எந்திரத்தில் ஒரு மேடையின் மேல் நிலையான ஒரு சேணமும், நகரும் ஒரு சேணமும் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

நகரும் செணம் என்பது ஒரு செவ்வக அடிப் பெட்டியின் மேல் கவிழ்த்து வைக்கப்பட்ட மற்றொரு பெட்டி போன்ற அமைப்பாகும். இதில் மேல் உள்ள பெட்டி கீழ் பெட்டியின் மேல் துல்லியமாக மிதவையைப் போல் இயங்க வல்லது. தேவைப்பட்டால் இதை கீழ்ப்பெட்டியோடு கட்டிப் போடவும் முடியும். மேலும் மேல் பெட்டி கீழ்ப்பெட்டியோடு ஒரு வில் மூலம் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். மேல் பெட்டியின் மேல் ஒரு அச்சுத் தண்டும் பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

கீழ்ப்பெட்டியை மேடையின் மேல் எந்த இடத்துக்கும் நகர்த்தும் வகையில் திருகு மரையோடு கூடிய கைச் சக்கரம் இருக்கும்.

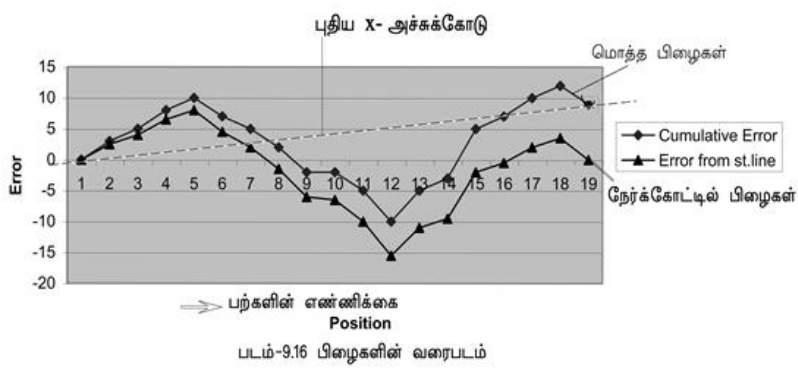
இந்த எந்திரத்தில் பற்சக்கரங்களை சரிபார்க்க செய்ய வேண்டிய ஆயத்தப் பணிகள் :

(1) முதலில் சரிபார்க்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தின் பல்விட்டத்துக்கு ஏற்ற துல்லிய செந்தர பற்சக்கரத்தைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

(2) பிறகு அவற்றின் பல்லிடை ஆரங்களைக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$\text{பல்லிடை ஆரம்} = \frac{M \times N}{2}$$

(3) நிலை சேணத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அச்சுத் தண்டின் ஆரத்தையும், நகரும் சேணத்தில் உள்ள அச்சுத் தண்டின் ஆரத்தையும் துல்லியமாக அளந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.



படம்-9.16 பிழைகளின் வரைபடம்

(4) இரண்டு பற்சக்கரங்கள் அவற்றின் பல்லிடை

வட்டத்தில் சுழல வேண்டும் என்பது விதி. ஆகவே நிலையான அச்சுத் தண்டின் மையத்திற்கும், நகரும் சேண அச்சுத் தண்டின் மையத்துக்கும் உள்ள இடைவெளி

$$A = \frac{MN_1}{2} + \frac{MN_2}{2}$$

N_1 = துல்லிய செந்தர பற்சக்கரத்தில் உள்ள பல் எண்ணிக்கை,

N_2 = அளக்க வேண்டிய பற் சக்கரத்தின் பல் எண்ணிக்கை

என்று இருக்குமாறு நகரும் சேணத்தை நகர்த்த வேண்டும். இந்நிலையில் அடிப்பெட்டியோடு மேல் பெட்டி கட்டப்பட்டிருக்க வேண்டும். இங்கு, இரண்டு அச்சுத் தண்டுகளுக்கு இடையிலுள்ள தூரத்தைச் சரியாக அளப்பது முடியாது. எனவே இரண்டு அச்சுத் தண்டுகளின் பக்கவாட்டு இடைவெளியை கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

பக்க வாட்டு தூரம்,

$B = A-(R_1+R_2)$. R_1,R_2 என்பவை அச்சுத் தண்டுகளின் ஆரம்.

(5) பக்கவாட்டு தூரத்தைக் கணித்த பிறகு, அந்த அளவுக்கு நழுவுக் கடிகைகளை (Slip gauges) சேர்த்து இணைத்துக் கொள்ள வேண்டும். அதை இரண்டு தண்டுகளுக்கும் இடையில் பிடித்துக் கொண்டு நகரும் சேணத்தை மெதுவாக நகர்த்த வேண்டும். சரியாக

நகர்த்தி முடித்ததும், நழுவுக் கடிகைகளை எடுத்துவிட வேண்டும்.

(6) பிறகு நகர் சேணத்தை நிலையாகப் பூட்டி விட்டு, பற்சக்கரங்களை அவற்றிற்குரிய அச்சுத் தண்டுகளில் பொருத்த வேண்டும்.

(7) இரண்டு பற்சக்கரங்களுக்கு இடையேயான அழுத்தம், பல்விட்டத்துக்கு ஏற்ப மாறும். சரியான அழுத்த அளவைத் தேர்ந்தெடுத்து, பட்டை வில் மூலம் கொடுக்க வேண்டும். இதற்கான அமைப்பு எந்திரத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தத்தைக் கொடுத்த பிறகு, மேல் பெட்டியை விடுதலை செய்து விடலாம். இப்பொழுது மேல்பெட்டி கீழ்பெட்டியின் மேல் மிதந்து கொண்டு இருக்கும்.

(8) சேணத்தின்மேல் பெட்டியின் பக்க வாட்டில் ஒரு முகப்புமானி (dial gauge) பொருத்தப் பட்டிருக்கும். அதன் அச்சு முனை கீழ்ப்பெட்டியைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதால் மேல்பெட்டி நகரும்போது அது எவ்வளவு நகர்கிறது என்பதை முகப்புமானி காட்டி விடும்.

(9) முதலில் இரண்டு பற்சக்கரங்களில் உள்ள பற்களும் சமமாக, நேராக பொருந்தியிருக்குமாறு சரிசெய்து கொண்டு விட்டு, முகப்புமானியின் அளவை 0-என்று இருக்குமாறு சரிசெய்ய வேண்டும்.

(10) இப்பொழுது அளக்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தை சரியாக ஒரு பல்லின் கோண அளவுக்குத் திருப்ப வேண்டும். இதற்கு கோண அளவிகளையோ, திருப்புத் தட்டுக்களையோ அல்லது ஊசிமுனை

குறிகாட்டியையோ பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

(11) இந்நிலையில் முகப்புமானியில் உள்ள அளவு பற்சக்கரத்தின் அந்த பல்லுக்குரிய பிழையாகும். இதனைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

(12) இதேபோல், அளக்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தை சுழற்றி ஒவ்வொரு பல்லின் பிழையையும் அளந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். எந்த பல்லில் அளவு தொடங்கப்பட்டதோ அதே பல்லில்தான் அளவு முடியவேண்டும். அளக்கும் முறை சரியாக இருந்தால் கடைசி அளவு 0-என்றே இருக்க வேண்டும். ஆனால் தவிர்க்க முடியாத காரணங்களால் இந்த அளவு மாறும்.

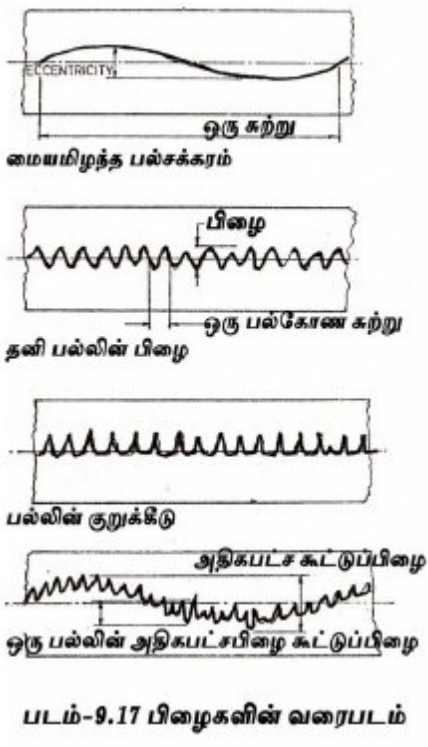
(13) இந்த பிழைகளை ஒரு வரைபடத்தில் வரைந்து பார்த்தால் பிழைகள் எப்படி மாறுபடுகிறது என்பது தெளிவாக விளங்கும்.

(14) அளக்கும் முறைகளில் ஏற்படும் சில தவிர்க்க இயலாத காரணங்களால், இறுதி அளவு 0-என்று இல்லாமல் வேறு அளவைக் காட்டும். இந்த அளவை மற்ற பற்களுக்கும் பங்கிட்டு சமன் செய்ய வேண்டும்.

இதற்கு முதல் புள்ளியையும், கடைசி புள்ளியையும் இணைத்து கோடுபோட்டு, இக்கோட்டை புதிய x-அச்சுக் கோடாகக் கொண்டு, புதிய வரைபடத்தை வரைய வேண்டும்.

(15) இந்த படத்தில் அதிக அளவுக்கும், குறைந்த அளவுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டு அளவே பற்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழை எனப்படும்.

இந்த எந்திரத்தில் கையால் பற்சக்கரத்தைச் சுற்றுவதற்கு பதிலாக, மின்மோட்டார் மூலம் இயக்கியும், முகப்பு மானிக்கு பதிலாக ஒரு மின் உணர்வி மூலம் அளந்து, ஒரு மின் பதிப்பியில் பதித்தும் கூட்டுப் பிழையை அளக்கலாம். அத்தகைய தானியங்கி எந்திரங்கள் புழக்கத்தில் உள்ளன. அதில் பல்வகை பிழைகளையும் வரைபடமாகப் பெறலாம்.



படம்-9.17 பிழைகளின் வரைபடம்

குறு வினாக்கள் :

1. பல்சக்கரங்களை ஏன் அளக்கவேண்டும்.
2. சுருள்விரிவரை (Involute), வளைசுழல்வரை (Cycloidal) இவற்றிற்கான வேறுபாடு என்ன? நன்மைகள் என்ன?

3. பல்விட்டம் என்றால் என்ன? (Pressure Angle)
4. அழுத்தக் கோணம் என்றால் என்ன?
5. செயல்கோடு என்றால் என்ன?
6. சுருள் விரிவரை சார்ப்பு (Involute function) என்றால் என்ன?
7. பல் சக்கரங்களை அளக்கும் கூறுகள் யாவை?
8. பல்தடிமனை அளக்கும் முறைகள் யாவை?
9. அடிதொடு கோட்டு முறையின் அடிப்படை என்ன?
10. பல்லிடைத் தூரத்தை அளக்கும் முறைகள் என்ன?
11. பல் வடிவத்தை அளப்பதில் அடிப்படை என்ன?
12. பல்சக்கர கூட்டுப் பிழைகளை அளப்பதின் அடிப்படை என்ன?

நெடு வினாக்கள் **:**

1. ஒரு பல்சக்கரத்தின் பகுதிகளை வரைந்து, அதன் கூறுகளை குறிப்பிட்டு வரையறை செய்க.
2. பல்தடிமனை பல்லிடை வட்டத்தில் அளப்பதற்கு தேவையான அளவுகளின் சமன்பாட்டை கண்டறியும் வழிமுறைகளைக் காட்டுக. அளக்கும் முறை என்ன?
3. பல்தடிமனை நிலைநாண்முறையில் அளப்பதற்குத் தேவையான சமன்பாட்டை கண்டறியும் வழிமுறைகளைக் காட்டுக. அதன் நன்மைகள் என்ன?
4. பல்தடிமனை அடிதொடு கோட்டு முறையில் அளப்பதற்கான சமன்பாட்டை கண்டறியும் வழிமுறைகளைக் காட்டுக. அதனை அளக்கும் கருவிகள் யாவை? இந்த முறையின் நன்மைகள் என்ன?
5. பல்லிடைத் தூரத்தை அளக்கும் முறைகள் யாவை? உரிய படங்களுடன் விளக்குக.
6. பல்வடிவத்தை அளக்கும் கருவியின் செயல்பாட்டின் அடிப்படையையும், கட்டுமானத்தையும் விளக்கவும்.
7. பல்சக்கரத்தின் கூட்டுப்பிழையை அளக்கும்

கருவியின் செயல்பாட்டை விளக்குக. அதனை பயன்படுத்தி கூட்டுப்பிழை எப்படி அளக்கப்படுகிறது என்பதை ஒரு எடுத்துக்காட்டு வரைபடத்துடன் விளக்குக.

10

பரப்பின் சீர்மை அளத்தல்

பாடம் **: 10**

பரப்பின் சீர்மை அளத்தல்

(SURFACE FINISH MEASUREMENT)

10.1 முன்னுரை

தொழிற் சாலைகளில் உருவாக்கப்படும் பொருட்கள் உதிரி உறுப்புகளால் ஆனவை. உதிரி உறுப்புகளைத் தனித் தனியாய்ச் செய்து இணைக்கும் போது, அவற்றின் அளவுகள் (Dimension), வடிவம் (Shape) மட்டுமன்றிப் பரப்பின் சீர்மையும் (Surface finish) பொருட்களின் இயக்கத் தன்மையையும், வாழ்நாளையும் பாதிக்கும். பரப்புச் சீர்மையின் தேவைகளைப் புரிந்து கொள்வதும், அளக்கும் முறைகளைத் தெரிந்து கொள்வதும், பரப்பு சீர்மையை அளப்பதும், அளந்து கண்காணிப்பதும் இன்றியமையாததாகும்.

10.2 பரப்புச் சீர்மை எப்படியிருக்க வேண்டும்**?**

பொருட்களின் மேற்பரப்பு கண்ணாடியைப் போல் வழவழப்பாய் இருக்க வேண்டுமா அல்லது கரடுமுரடாய்ச் சொர சொரப்பாய் இருக்க வேண்டுமா என்பது அதன் பயன்பாட்டைப் பொறுத்து மாறும். பொருட்களின் தோற்றப் பொலிவை மேம்படுத்தப் பரப்பு மென்மையாய்ச் சீராய் இருக்க வேண்டும். ஒரு பொருளின் அயர்வுப் பண்பும் (Fatigue property) கரித்தல் பண்பும் (Corrossion Property) பரப்புச் சீர்மையைப் பொருத்து அமையும். சீரான பரப்புள்ள பொருட்கள் நீண்ட அயர்வுச் சுழற்சியைத் தாங்கும்; கரித்தலுக்கு எதிரான தடை அதிகமாய் இருக்கும்; ஏனென்றால் பொருட்களின் அயர்வு வீழ்ச்சியும், கரித்தல் வீழ்ச்சியும் கீரல், நுண்குமிழ்கள் ஆகியவற்றில் தான்

தொடங்குகின்றன. ஆகவே ஏறி இறங்கும் சுழற்சி முறை பளு இயங்கும் அமைப்பிலும், கரித்தலுக்கு வாய்ப்புள்ள சூழ்நிலையிலும் செயற்படும் பொருட்கள் சீராய் இருக்கவேண்டும்; ஒரு உள்ளெரி பொறியின் (IC Engine) இணைப்புத் தண்டொடு (Connecting rod) உந்துருளை (Piston) யை மாட்டுதற்குப் பயன்படும் உருளாணி (Gudgeon pin) யின் பரப்பு மிக மிக மென்மையாய் இருக்க வேண்டும்.

சீரான தண்டில் சுழலும் சக்கரம் மிகுதியாய் ஒலிக்காது; ஆனால் சொரசொரப்பான தண்டில் சக்கரம் சுழலும் போது மிகுந்த இறைச்சல் விளைவதுடன் சொரசொரப்பான பரப்பு ஒரு சாணைக் கல்லைப் போல் செயல்பட்டுச் சக்கரத்தின் பரப்பைச் சுரண்டிக் கெடுத்துவிடும்; உராய்வும் அதிகமாய் இருக்கும்.

ஆனால் ஒரு தானியங்கி ஊர்தியிலுள்ள வேகத் தடையில் (Brake) உள்ள பட்டைகள் சொரசொரப்பாய் இருந்தால் தான், தடையை அழுத்தியவுடன் வண்டி உடனே நிற்கும். இவ்வாறே வெப்பமாற்றிகளில் உள்ள குழாய்களின் பரப்பு வழவழப்பாய் இருப்பதை விடச் சற்றுச் சொர சொரப்பாய் இருந்தால், அவை வெப்பத்தை நன்றாய்க் கடத்தும். ஆகவே, பொருட்களின் ஆயுளை நீடிக்கவும், அயர்வுத் தடையையும், கரித்தல் தடையையும் அதிகரிக்கவும், தொடக்கத்தில் ஏற்படும் வேகமான தேய்மானத்தைக் குறைக்கவும், உராய்வைக் குறைக்கவும், நல்ல தோற்றப் பொலிவை ஏற்படுத்தவும் ஏற்ற வகையில் பரப்பின் சீர்மை நன்றாய் அமையவேண்டும்; ஆனால் ஒரு பரப்பிலுள்ள உயவு எண்ணெய் வழிந்தோடாமல் இருக்கவும், உடனடியாய்த் தடை (Break) போட்டு வண்டியை நிறுத்தவும், நன்றாய் வெப்பத்தைக் கடத்தவும் பரப்பு, சற்றுச் சொரசொரப்பாய் இருக்க வேண்டும்.

10.3 பரப்பின் சீர்மை எப்படிக் கெடுகிறது**?**

ஒரு எந்திரத்தில் பொருள் உருவாக்கப்படும் போது அந்த எந்திரத்தில் ஏற்படும் அதிர்வுகளால் உளிகளின் போக்கில் மாற்றம் ஏற்பட்டுப் பரப்பின் சீர்மை கெடுகிறது; பொருட்கள் செய்யப் பயன்படும் உலோகம்,

எந்திர வகை, எந்திரம் – உளி – நிலையுறுதி – பொருள் என்ற அமைப்பின் நிலைத்தன்மை, உளிகளின் வகை, வடிவம், உலோகம், கூர்மை, வெட்டு வேகம், வெட்டு ஊட்டம் (Feed), வெட்டு ஆழம் (Depth of cut) என்ற வெட்டு நிலைகள், குளிர்விப்பு பாய்மத்தின் (Coolant) வகை என்று பல காரணிகளும் சீர்மை கெடுதற்குக் காரணமாய் அமையக் கூடும்.

10.4 வடிவக் குறைகள்

உற்பத்தியாகும் பொருட்களில் ஏற்படும் வடிவக் குறைகளை நான்கு வகையாய்ப் பிரிக்கலாம்.

10.4.1 முதல் நிலைக் குறைகள்

எந்திரத்தில் உள்ள குறைபாடுகள் காரணமாய் ஏற்படும் கரட்டுத்தன்மை (Roughness) முதல் நிலையைச் சேரும்.

– உளிகள் செல்லும் பாதையை ஆற்றுப் படுத்தும் வழிகள் (Guideways) கோணலாய் இருத்தல்,

– உளிகளின் அழுத்தத்தால் பொருளில் ஏற்படும் வளைவு, பொருளின் எடையில் ஏற்படும் வளைவு, உருமாற்றம் என்பவை இதில் அடங்கும்.

10.4.2 இரண்டாம் நிலைக் குறைகள்

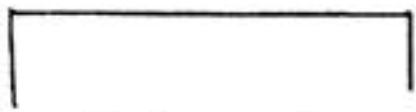
எந்திரம் – உளி அமைப்பில் ஏற்படும் அதிர்வுகளால், ஏற்படும் கரட்டுத் தன்மை இரண்டாம் நிலை குறைபாட்டில் அடங்கும். பொருட்களின் பரப்பில் ஏற்படும் நடுக்கக் குறிகள் (Chatter marks) இதற்கு எடுத்துக் காட்டாகும்.

10.4.3 மூன்றாம் நிலைக் குறைபாடுகள்

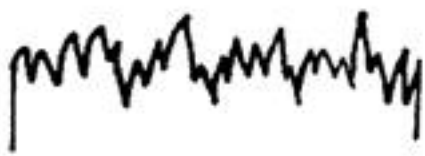
எந்திரங்கள் அதிர்வு எதுவும் இல்லாமல் சரியாய் இயங்கினாலும், அவற்றின் செயற்பாட்டுத் தன்மையே (dynamic) கரட்டுத் தன்மையை ஏற்படுத்தும்; உளிகளினால் ஏற்படும் ஊட்டக் குறிகள் (feed marks) இதில் அடங்கும்.

10.4.4 நான்காம் நிலைக் குறைபாடுகள்

பொருட்களை வெட்டும்போது, சீவல் சிம்புகள் பிய்த்துக் கொண்டு விழுவதால் ஏற்படும் சிறு சிறு குருணைக் குறிகள் நான்காம் நிலை கரட்டுத் தன்மையில் அடங்கும்.

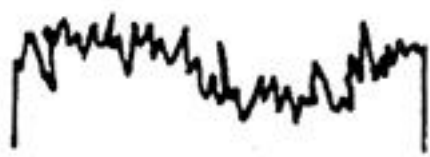


(a) சீரான பரப்பு



(b) கரடு முரடான பரப்பு

(c) அலை அலையான ஆனால் சீரான பரப்பு



(d) கரட்டுத் தன்மையும் அலைத் தன்மையும் சேர்ந்திருக்கும் பரப்பு

படம்-10.1 பல்வகை பரப்புகள்

இயல் அளவில் குறைபாடுகளை

1. கரட்டுத் தன்மை அல்லது முதல்வகை கோலத்தன்மை (Texture) என்றும் (படம் 1.b)
2. அலைத்தன்மை (Waviness) அல்லது இரண்டாம் வகை கோலத்தன்மை என்றும் பிரிக்கலாம் (படம் 1 c)

10.4.5 கரட்டுத் தன்மை **(அ)** முதல்வகை கோலத்தன்மை

மிகச்சிறிய அலைநீளம் கொண்ட மேடு பள்ளங்கள் கரட்டுத் தன்மை வகையைச் சாரும்; உளிகளின் கூர்மை, வடிவம், ஊட்ட வேகம் ஆகியவற்றாலும், உராய்வு, தேய்மானம், கரித்தல் ஆகியவற்றாலும் கரட்டுத் தன்மை உண்டாகிறது; அலை உயரத்துக்கும், அலை நீளத்துக்கும் உள்ள விகிதம் 50-க்கும் குறைவாகவே இருக்கும்.

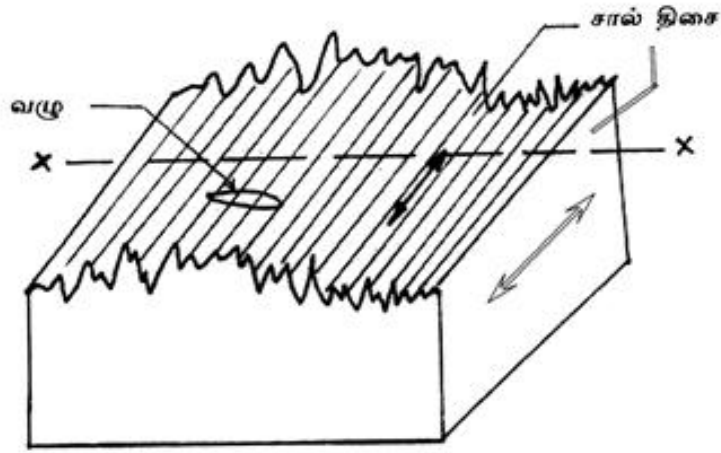
10.4.6 அலைத்தன்மை ***(Waviness)*** **(அ)** இரண்டாம் வகை கோலத்தன்மை

மிகுந்த அலைநீளம் கொண்ட மேடுபள்ளங்கள் அலைத்தன்மை (அ) இரண்டாம் நிலை கோலத்தன்மை வகையைச் சாரும். எந்திரங்களில் உள்ள ஆற்றுப்படுத்தும் வழியமைப்புகளில் உள்ள தேய்மானமும், அதனால் ஏற்படும் கோணல் தன்மையும், பொருட்களைத் தாங்கியிருக்கும் மையங்கள் (Centers in a lathe) விலகியிருத்தலும், நெளிந்து செல்லும் ஊட்ட அமைப்பும், வெட்டு அழுத்தத்தால் பொருட்கள் வளைதலும், உருமாற்றமும், அதிர்வும் இதற்குக் காரணங்களாகும். முதல்நிலை, இரண்டாம் நிலை குறைபாடுகள் இதில் அடங்கும்; இதில் அலை உயரத்திற்கும், அலை நீளத்திற்கும் இடையிலான விகிதம் 50-க்கும் மேல் இருக்கும்.

ஆகவே கரட்டுத்தன்மை, அலைத்ததன்மை ஆகிய இரண்டுமே ஒன்றன்மேல் ஒன்று படிந்து பரப்பின் கோலத்தன்மையை ஏற்படுத்துகிறது.

10.5 பரப்புச் சீர்மையின் கூறுகள் **(Elements of Surface**

finish)



(a)

(b) x x வெட்டுமுகத்தில் புறவடிவு

படம்-10.2 பரப்புச் சீர்மையின் கூறுகள்

மேற்பரப்பு (Surface) : ஒரு பொருளின் வடிவத்தைக் காட்டும் வரம்புகளையுடைய பகுதி

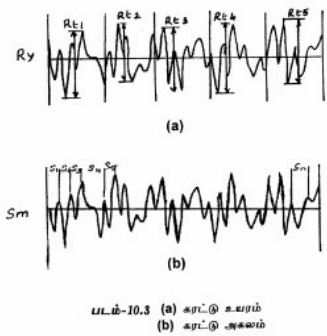
மெய்மேற்பரப்பு : உற்பத்தி முறைகளால் உருவாக்கப் பட்ட

(Actual Surface) உண்மையான பரப்பு, சரியாய் இருக்க வேண்டிய பரப்பிலிருந்து சற்று மாறுபட்டிருக்கும்.

பெயரளவு மேற்பரப்பு : உண்மையான

மேற்பரப்பின் மேடு (Nominal Surface) பள்ளங்களை உள்ளடக்கிய சராசரி பரப்பு.

புறவடிவு (Profile) : பரப்பில் சால் திசைக்குக் குறுக்காய் எங்கு வெட்டினாலும், அங்கு தோன்றும் பக்கத் தோற்றம் XX என்ற இடத்தில் குறுக்காய் வெட்டினால் புறவடிவு படம் (2b)-யில் காட்டியிருப்பதைப் போல இருக்கும்.



படம்-10.3 (a) கரட்டு உயரம்
(b) கரட்டு அகலம்

$$Sm = \frac{1}{n}\sum_{i=n}^{1-n} si = \frac{(s_1 + s_2 + s_3 + \ldots . s_n)}{n}$$

கரட்டுத் தன்மை : பரப்பின் மேல் தோன்றும் மிக நுண்ணிய மேடு (Roughness) பள்ளங்கள் கரட்டுத் தன்மை எனப்படும்.

கரட்டு உயரம் : பரப்பின் மேல் தோன்றும் மேடுபள்ளங்களின்

(Roughness height) புற வடிவில் ஒரு முகட்டுக்கும், பள்ளத்துக்கும் இடைப்பட்ட உயரம். (படம்-10.3 a)

கரட்டு அகலம் : அடுத்தடுத்த இரண்டு முகடுகளுக்கு அல்லது (Roughness width) பள்ளங்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரம். (படம் 10.3b)

கரட்டுத் தன்மை அளத்தல் அகலம் : கரட்டுத்தன்மையை நிலைப்படுத்தும் (Roughness width cut off) அகலம். இந்த அகலத்துக்குக் குறைவாய்க் கரட்டு அகலம் இருந்தால் மட்டுமே அங்கு கரட்டு உயரம் அளக்கப்படும்.

அலைத்தன்மை : பரப்பின் மேல் தோன்றும் அலை அலையான (Waviness) தோற்றம்.

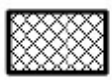
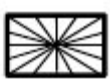
பரப்புக் கோலம் : ஒரு பரப்பின் மேல் எந்திரத்தின் உளி முனையால் (Surface Texture) ஏற்படும் கோடுகள் (சால் தடங்கள்) எந்திரத்தின் தன்மைக்கேற்ப ஒரு குறிப்பிட்ட கோல அமைப்பைக் கொண்டிருக்கும்; இதை பரப்புக் கோலம் என்கிறோம். கரட்டுத்தன்மை, அலைத் தன்மை, சால்தடம், வழுக்கள் என்பன கோல அமைப்பை முடிவுசெய்யும்.

வழு (Flaw) : பரப்பின் மேல் ஏற்படும் கீரல், துளைகள், பிளவுகள், புரைகள் போன்றவை வழுக்கள் எனப்படும்.

சால்தடம் (Lay) : உளியின் முனை செல்லும் திசையில் ஏற்படும் பள்ளக் கோடுகள் சால் தடம் எனப்படும், இது எந்திரங்கள் செயற்பாடுகளுக்கு ஏற்ப அமையும்

வரம்பு :

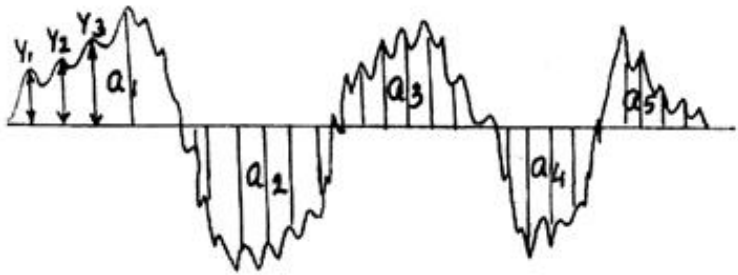
பரப்பின் வரம்புகளுக்கு இணையாய்ச் சால் தடம். எ.கா. வடிவமைப்பு எந்திர வேலையில், (Shaping) சால்தடம்

	:	வரம்புக்கு இணையாகிறது. பரப்பின் வரம்புகளுக்குச் செங்குத்தாய் அமைந்த சால் தடம்.
X	:	பரப்பின் வரம்புகளுக்குச் சாய்வாய் அமைந்த சால் தடம்
M 	:	ஒரு குறிப்பிட்ட திசை என்றில்லாமல் பல திசைகளிலும் அமைந்திருப்பது, எ.கா: தேய்ப்பு, மெருகிடல், துளை தேய்ப்பு (lapping, superfinishing, honing)
C	:	வட்டமான சால் தடம்
R 	:	ஆரக் கால்களைப் போல் அமைந்த சால் தடம்

பத நீளம் (Sampling length) : பரப்பின் சீர்மையை அளக்கப் பயன்படும் நீளம், அளக்கப்படும் பரப்பு குறைபாடுகள், மேடுபள்ளங்கள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து இது மாறும்; எந்த நீளத்தில் உள்ள மேடுபள்ளங்கள், பரப்பின் சீர்மையை உண்மையாக எடுத்துக் காட்டுமோ, அந்த நீளமே பத நீளமாய் எடுத்துக் கொள்ளப் படும்; பல்வேறு பரப்புத் தன்மைகளுக்கு ஏற்ப இது பரிந்துரைக்கப்படும்; பொதுவான பத நீளம் 0.08, 0..25, 0.8, 2.5, மி.மீ ஆகும் பத நீளம் குறிப்பிடப்படவில்லை என்றால் அது 0.8 மி.மீ. என எடுத்துக் கொள்ளப்படும்.

புறவடிவின் சராசரி நடுக்கோடு: குறிப்பிட்ட பதநீளத்தில் உள்ள புறவடிவில் எந்த கோட்டுக்கு மேலும் கீழும் உள்ள உயரக் கோடுகளின் இருபடிகளின் கூட்டுத் தொகை குறைவாய் உள்ளதோ அக்கோடு புறவடிவின் சராசரி நடுக்கோடு எனப்படும். (படம்-10.4)

$$ie \sum y^2 i \ is \ minimum$$



படம் : 10.4 புறவடிவின் மையக்கோடு

புற வடிவின் மையக்கோடு : குறிப்பிட்ட பதநீளத்தில் உள்ள புற வடிவில் எந்த (Centre line of Profile) கோட்டுக்கு மேலுள்ள பரப்பும், கீழுள்ள பரப்பும் சமமாய் உள்ளதோ அக்கோடு புறவடிவின் மையக்கோடு எனப்படும்; சராசரி நடுக்கோடும் மையக்கோடும் பெரும்பாலும் ஒன்றாகவே இருக்கும். (படம்-10.4)

$$(a1 + a3 + a5) = (a2 + a4)$$

10.6 பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் கூறளவுகள் **(parameters)**

பரப்புச் சீர்மையை எண்ணளவையாய்க் காட்டப் பல வழிகள் உள்ளன. அவற்றில் முக்கியமானவை:

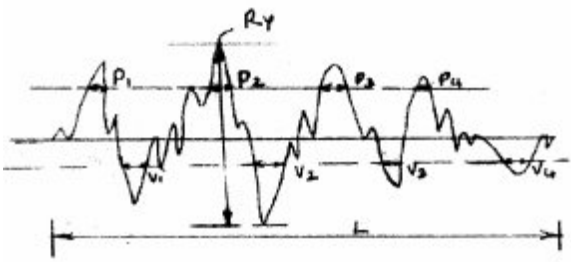
1. மேடு-பள்ள உயரம் (Peak to valley height)
2. சராசரி கரட்டுத் தன்மை (Average Roughness)
3. வடிவக் காரணி (Form Factor) (அ) தாங்கு பரப்புக்கோடு (Bearing curve)

10.6.1 மேடு – பள்ள உயரம் ***(Ry)***

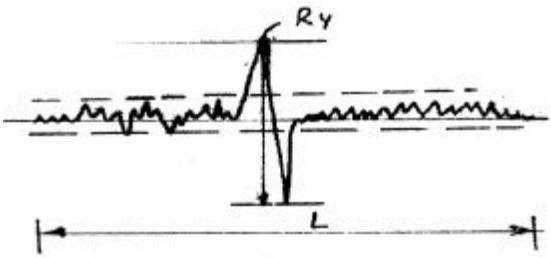
குறிப்பிட்ட பதநீளத்தில் உள்ள உயரமான மேட்டுக்கும், ஆழமான பள்ளத்துக்கும் இடைப்பட்ட உயரங்களில் எது அதிகமான உயரமோ அது மேடுபள்ள உயரம் எனப்படும். (படம்.10-3)

படத்திலுள்ள Rt1, Rt2, Rt3, Rt4, Rt5 என்ற ஐந்து உயரங்களில் Rt3 தான் மிகுதியான உயரம். ஆகவே Rt3-யே மேடுபள்ள உயரம் எனப்படும்.

படம்-10.5a-ல் காட்டியுள்ள பரப்பும், படம் 5b -ல் காட்டியுள்ள பரப்பும் வேறுபட்டவை; ஆனால் இரண்டுக்கும் ஒரே Ry அளவுதான் காட்டும்; அதாவது இரண்டு மாறுபட்ட கோல அமைப்பைக் கொண்ட பரப்புக்கு ஒரே மேடு-பள்ள உயரத்தைக் காட்டும் குறைபாடு இதில் உள்ளது; ஆகவே Ry அளவை மட்டும் வைத்துக் கொண்டு பரப்பின் தன்மையை மதிப்பிட முடியாது.



(a)



(b)

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 0.05 \times L$$
$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0.10 \times L$$

படம் - 10.5 **Ry** அளவில் குறைபாடு

இக் குறையைப் போக்க மேடு-பள்ள உயரத்தை நேரடியாய் அளக்காமல், நடுக்கோட்டுக்கு இணையாய் மேட்டுப் பகுதிகளை வெட்டிச் செல்லுமாறு ஒரு கோடும், பள்ளங்களை வெட்டிச் செல்லுமாறு ஒரு கோடும் வரைந்து, அவற்றுக்கிடையேயான உயரம் அளக்கப்படும். (படம்-5)

மேட்டு உச்சிகளை வெட்டும் நீளம், பதநீளத்தில் 5% இருக்க வேண்டும்.

(அ.து) $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 0.05 \times L$

பள்ள வேர்களை வெட்டும் நீளம், பதநீளத்தில் 10% இருக்கவேண்டும்.

(அ.து) $V1 + V2 + V3 + V4 = 0.10 \times L$

இம் முறையில் மேடுபள்ளங்கள் நிறைந்த பரப்புக்கும் அதிக Ry அளவும், மேடுபள்ளங்கள் குறைவாய் இருக்கும் பரப்புக்கு குறைவான Ry அளவும் காட்டும்; பரப்புகளின் தன்மையை இதனால் எளிதில் வேறுபடுத்திக் காட்டலாம்.

10.6.2 சராசரி கரட்டுத்தன்மை

மேடுபள்ள உயரம் மட்டும் ஒரு பரப்பின் கரட்டுத் தன்மையை முழுமையாய் எடுத்துக் காட்ட இயலாது; ஆகவே புள்ளியியல் கோட்பாடுகளை அடிப்படையாய்க் கொண்டு மூன்று முறைகளில் சராசரி கரட்டுத் தன்மை அளக்கப்படுகிறது. அவை:

1. மையக் கோட்டுச் சராசரி முறை (Centre line average method) CLA
2. வர்க்க சராசரி மூலம் (Root mean square-RMS)
3. ஐந்து மேடு-பள்ள உரங்களின் சராசரி-Rz

10.6.3 மையக்கோட்டு சராசரி முறை**: (**படம் **4)**

மையக் கோட்டிலிருந்து அளக்கப்படும் உயரக்கோடுகளின் சராசரியே மையக் கோட்டுச் சராசரி எனப்படும்.

மையக்கோட்டுச் சராசரி உயரம்

$$= \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots\ldots + y_n}{n} = \frac{\sum yi}{n}$$

$$= \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots + A_n}{L}$$

இங்கு A1, A2 என்பது மையக் கோட்டுக்கு மேலும் கீழும் உள்ள பரப்புகளைக் குறிக்கும்.

10.6.4 சராசரி வர்க்க மூலம் **– *RMS***

இது மையக் கோட்டிலிருந்து அளக்கப்படும் உயரக்கோடுகளின் இருபடிகளின் (Square) சராசரியின் வர்க்க மூலம் ஆகும்.

$$\text{சராசரி வர்க்கமூலம்} = \frac{\sqrt{(y1^2+y2^2+y3^2+....y^2n}}{n}$$

10.6.5 ஐந்து மேடுபள்ள உயரங்களின் சராசரி **– *Rz***

ஒரு பதநீளத்தில் எடுத்த ஐந்து மேடு பள்ள உயரங்களின் சராசரியே இது.

$$Rz = \frac{Rt1 + Rt2 + Rt3 + Rt4 + Rt5}{5}$$

உயரமான ஐந்து உச்சிப் புள்ளிகளின் சராசரி உயரத்துக்கும், ஆழமான ஐந்து பள்ளப் புள்ளிகளின் சராசரி உயரத்துக்கும் வேறுபாடு எனவும் இது கூறப்படும்.

(அது)

$$Rz = 1/5[R1 + R2 + R3 + R4 + R5) - (R6 + R7 + R8 + R9 + R10)]$$

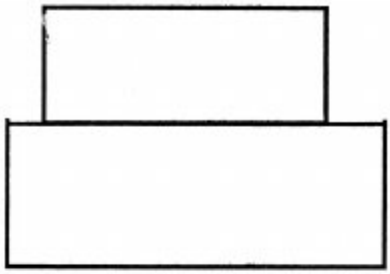
R1,R2,R3,R4,R5 என்பது ஒரு அடிப்படைக் கோட்டிலிருந்து உச்சிப் புள்ளிகளின் உயரம்

R6, R7, R8, R9, R10 என்பது பள்ளப் புள்ளிகளின் ஆழம்.

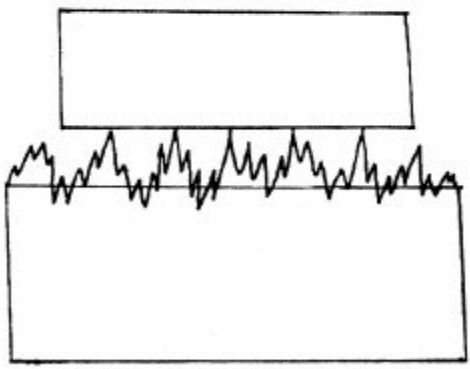
10.6.6 வடிவக் காரணி **(Form factor)**

மேடுபள்ளங்கள் இல்லாத மிகவும் சீரான ஒரு பரப்பின் மேல் இன்னொரு சீரான பரப்புள்ள தட்டை வைத்தால் இரண்டுக்கும் இடையில் எந்தவொரு இடைவெளியும் தெரியாது; ஆனால் மேடுபள்ளங்கள் நிறைந்த பரப்பில் மேல் வைத்தால் அதனை மேட்டுப்பகுதிகள் மட்டும்

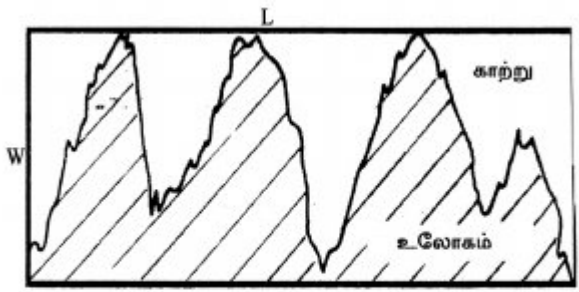
தாங்கிக் கொண்டு இருப்பதால் பள்ளமான பகுதிகளில் இடைவெளி தெரியும். (படம்-10.6.2)



படம் : 10.6.1 சீரான பரப்பின் மேல் வைக்கப்பட்ட சீரான பரப்பு



படம்: 10.6.2 கரடு முரடான பரப்பின் மேல் வைக்கப்பட்ட சீரான பரப்பு



படம்-10.7 செவ்வகத்தில் தோன்றும் இடைவெளி

இந்த இடைவெளியின் அளவை வைத்தும் பரப்பின் சீர்மை அளக்கப்படும்.

படம்-10.7-ல் காட்டப் பட்டுள்ளத்தைப் போல் ஒரு அடிப்படைக் கோட்டிலிருந்து வரையும் செல்வகத்தில் உள்ள உலோகப் பகுதியின் பரப்பும், செவ்வகத்தின் மொத்தப் பரப்புக்கும் உள்ள விகிதம் வடிவக் காரணி (Form factor) எனப்படும்.

செவ்வகத்தின் பரப்பு = A = L X W

உலோகப் பகுதியின் பரப்பு = B

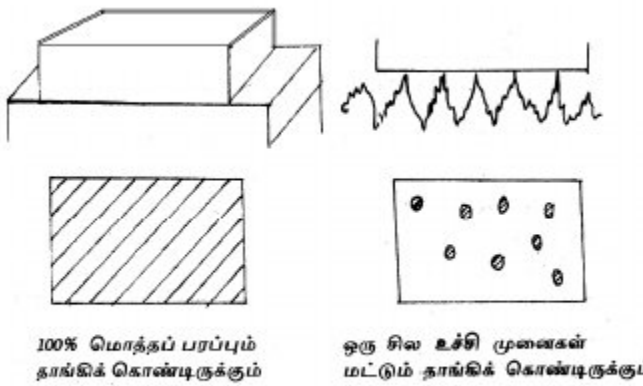
∴ வடிவக்காரணி K = B/A

செவ்வகத்தில் உள்ள வெற்றிடத்தின் அளவு = A-B

= 1-K

10.6.7 தாங்கிப் பிடிக்கும் பரப்பின் அளவு

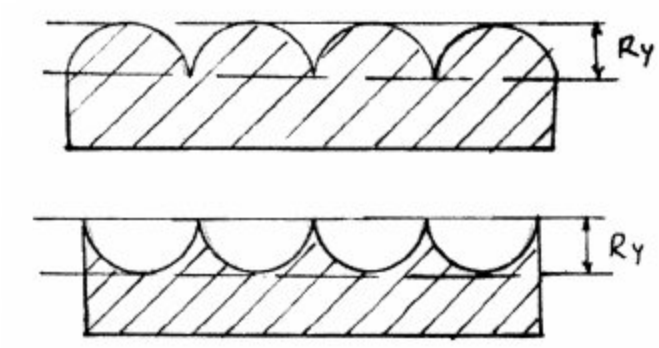
சீரான மேடுபள்ளங்கள் இல்லாத ஒரு பரப்பின் மேல், ஒரு சீரான தட்டை வைத்தால், மொத்த பரப்பும் அதைத் தாங்கிக் கொண்டிருக்கும். (படம்-10.8)



படம் - 10.8 தாங்கு பரப்பளவு

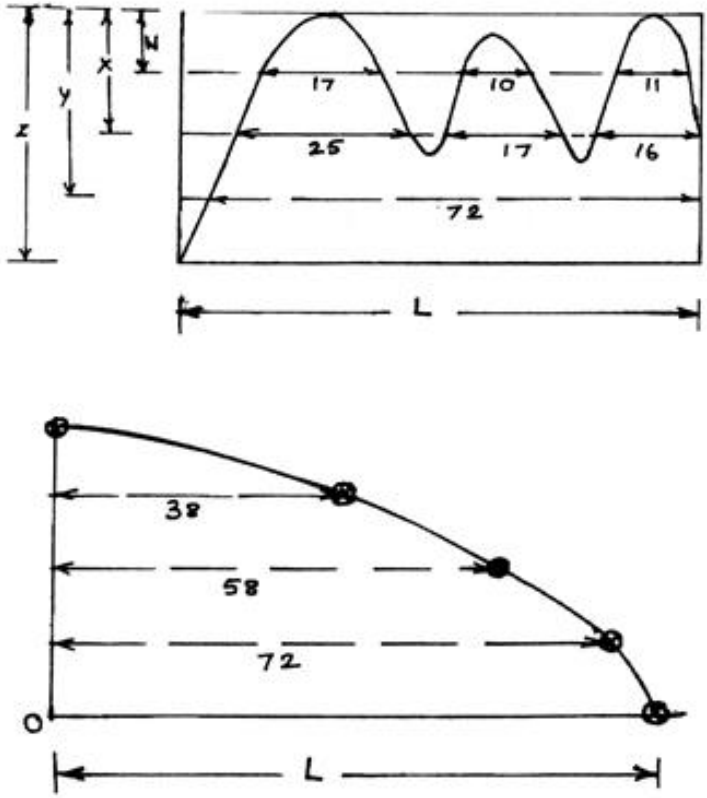
ஆகவே பரப்பின் சீர்மையை மொத்தப் பரப்பில் எத்துனை விழுக்காடு (%) தாங்கும் பரப்பாய் இருக்கிறது என்ற அளவும் எடுத்துக் காட்டும்; இதனைத் தாங்கும் பரப்பளவு என்று கூறுகிறோம்.

கரடுமுரடான ஒரு பரப்பின் மேலுள்ள மேட்டுப் பகுதிகளைத் தேய்த்து நீக்க நீக்க இந்த தாங்கும் பரப்பளவு எப்படி மாறுகிறது என்பதைக் கொண்டு, பரப்பின் தன்மையை அறிந்து கொள்ளலாம்.



படம் - 10.9 ஒரே Ry அளவுள்ள மாறுபட்ட பரப்புகள்

படம்-10.9-ல் காட்டப்பட்டுள்ள இரண்டு பரப்புகளுக்கும் கரட்டுத் தன்மையின் அளவு ஒன்றாகவே இருக்கக்கூடும்; ஆனால் இரண்டு பரப்புகளும் வெவ்வேறு தன்மை கொண்டவை என்பது தெளிவாய்த் தெரிகிறது. பொறியியல் வடிவமைப்புகளில் முதலில் காட்டப்பட்டுள்ள பரப்பு சிறந்ததாய்க் கருதப்படுகிறது. இதன் மேல் நகரும் இன்னொரு பரப்பு மென்மையாய் உராய்வு அதிகமில்லாமல், தேய்மானம் அதிகமில்லாமல் இயங்கும். ஆனால் இரண்டாம் பரப்பு ஊசி முனைகளைப் போல் இருப்பதால், உளியைப் போல செயல்பட்டுத் தேய்மானத்தை அதிகரிக்கும்; மேலும் அதன் தாங்கு திறனும் குறைவு.



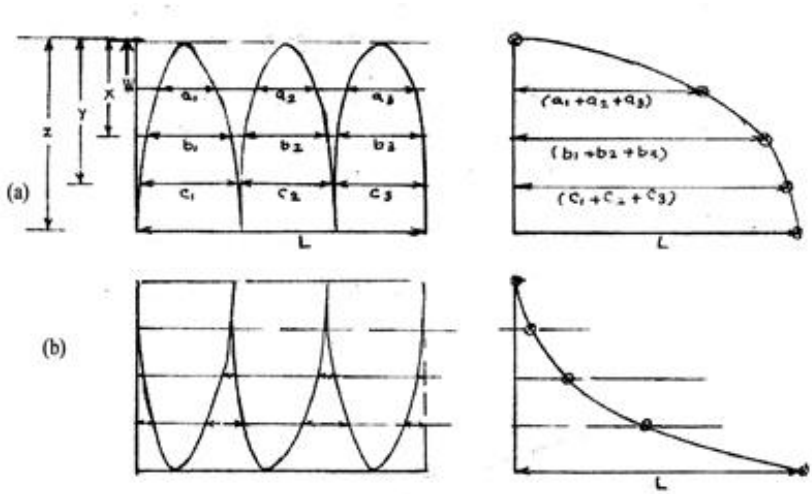
படம் : 10.10 தாங்கு பரப்புத் தன்மைக்கோடு

ஆகவே கரட்டுத் தன்மையின் அளவுகள் மட்டும் பரப்பின் இத்தகைய தன்மைகளை வெளிப்படுத்தாது; இத்தகைய வேறுபாடுகளைக் கண்டறியத் தாங்கும் பரப்பளவு, மேட்டுப் பகுதிகளை வெட்ட, வெட்ட எப்படி மாறுகிறது என்பதைக் கொண்டு கண்டறியப்படுகிறது; இந்த மாற்றத்தைக் காட்டும் கோடு தாங்கு பரப்புத் தன்மைக்கோடு (Bearing curve) எனப்படும். (படம்-10.10)

படம்-10.11 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ள ஒரு பரப்பின்

கரட்டுத் தன்மையின் வடிவத்தில், மேட்டுப் பகுதிகளைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் கோடு, உலோகப் பகுதியை வெட்டாமல் செல்கிறது.

ஃ அதன் வெட்டு நீளம் = 0



படம்: 10.11
இரண்டு மாறுபட்ட பரப்புகளுக்கான தாங்கு பரப்புத் தன்மைக் கோடு

ஆனால் W ஆழத்தில் செல்லும் கோடு முதல் மேட்டுப் பகுதியை a1 என்ற நீளத்திலும், இரண்டாம் மேட்டுப்பகுதியை a2 என்ற நீளத்திலும், மூன்றாம் மேட்டுப் பகுதியை a3 என்ற நீளத்திலும் வெட்டிச் செல்கிறது.

ஃ மொத்த வெட்டு நீளம் = a1 + a2 + a3.

இதேபோல்

X- ஆழத்தில், மொத்த வெட்டு நீளம் = b1 + b2 + b3

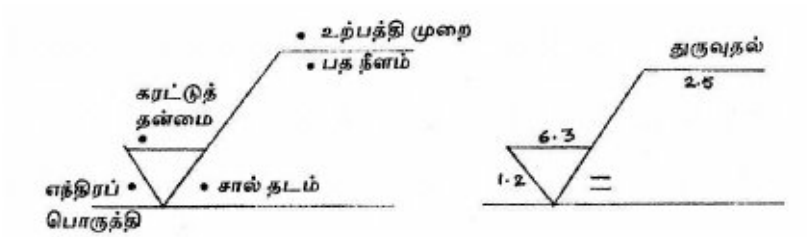
Y-ஆழத்தில், மொத்த வெட்டு நீளம் = C1

Z-ஆழத்தில் மொத்த வெட்டு நீளம் = L

பதநீளத்தின் பகுதியாய் இந்த அளவுகளை வரைந்தால்

பெறப்படும் கோடே தாங்கும் பரப்புத்தன்மைக் கோடு ஆகும். இரண்டு மாறுபட்ட கரட்டுத் தன்மையுள்ள பரப்புகளுக்கு இந்த கோடு எப்படியிருக்கும் என்பதைப் படத்தில் காணலாம்.

10.7 பரப்புச் சீர்மையைக் குறிப்பிடும் முறை



படம்-10.12 பரப்புச் சீர்மையைக் குறிப்பிடும் முறை

பரப்புச் சீர்மைப் பற்றி அறிக்கை கொடுக்கும் போது அதில் கீழ்க்காணும் தகவல்கள் இருக்க வேண்டும்.

1. பரப்பின் கரட்டுத் தன்மையளவு: இது Ra என்று மைக்ரான் அளவில் குறிக்கப்படும். ஒரே ஒரு Ra

அளவு மட்டும் தரப்பட்டிருந்தால், அந்த அளவுக்கு கீழே உள்ள அளவுள்ள பரப்புகள் ஏற்றுக்கொள்ளக் கூடியன என்று பொருள்; அப்படியில்லாமல் குறைந்த Ra அளவையும், அதிக Ra அளவையும் குறிக்க,

$\text{Ra}\ \frac{8.0}{16.0}$ என்றோ,

$\text{Ra}\ 8.0 - 16.0$ என்றோ குறிக்கப்படும்.

1. பதநீள அளவு: பதநீள அளவு அடைப்புக் குறிக்குள் காட்டப்பட்டிருக்கும்.

எ.கா. $\text{Ra}\ 8.0\ (2.5)$

இங்கு Ra மதிப்பு 8.0 மைக்ரான் பதநீளம் 2.5 மி.மீ.

1. சால் தடம் : பரப்பின் கோல அமைப்புக்கு ஏற்ப எத்திசையில் கரட்டுத் தன்மை அளக்கப்பட்டது என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும்.

(எ.கா.) $\text{Ra}\ 8.0\ \text{lay parallel}$

சால் தடத்தின் திசை குறிப்பிடப் படவில்லையென்றால், அது எப்பொழுதும் சால்தடத்திற்குச் செங்குத்தாகவே (குறுக்காக) இருக்கும்.

1. செயல்முறை **(Process):** ஒரே ஒரு செயல் முறையைப் பயன்படுத்திப் பரப்பு உருவாக்கப் பட்டிருந்தால் அந்த செயல்முறையைக் குறிப்பிட வேண்டியதும் அவசியமாகும்.

10.7.1 பரப்புச் சீர்மையை வடிவமைத்தல்:

IS 696-ன் படி, ஒரு பொருளை வடிவமைக்கும்போது, பரப்புச் சீர்மையைக் கீழ்க்கண்டுள்ளபடி (சிறப்பியல்புகளால்) குறிக்க வேண்டும்.

1. கரட்டுத் தன்மை, Ra அளவு, மைக்ரானில்

2. எந்திரச் செயல்முறை பொருதி
3. பதநீளம் (அ) பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் கருவியின் வெட்டு நீளம், மி.மீட்டரில்.
4. எந்திர முறை/ உற்பத்தி முறை
5. சால்தடத்தின் திசை, குறியீடாக (II, I, X, M, C, R)

(எ.கா.): துருவப் பொறியில் உருவாக்கப்பட்ட ஒரு பரப்பு 1.2 மி.மீ. பொருதியும், 6.3 மைக்ரான் (மை.மீ.) Ra அளவும் பதநீளம் 2.5 மி.மீ., சால் தடம் இணையாகவும் இருந்தால் அதைக் கீழ்கண்ட குறியீட்டின்படி கொடுக்க வேண்டும்.

IS 3973 – படி,

வரைப்படிவங்களில் பரப்புச் சீர்மை சிறு முக்கோணங்களால் குறிக்கப்படும்.

குறியீடு		Ra அளவு மை.மீ.
-	-	above 25
∇	-	8-25
∇∇	-	1.6-8
∇∇∇	-	0.25-1.6
∇∇∇∇	-	0.025

முன்னுரிமையுடைய Ra அளவுகளாய்க் கீழ்க் கண்டுள்ள எண்களிலிருந்து தேர்ந்தெடுக்கப்படும்:

0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.3, 12.5, 25

Rz அளவுகள்

0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.3, 12.5, 25, 50, 100.

10.8 பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் முறைகள்

பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் முறைகள் இரண்டு வகைப்படும். அவை

1. ஒப்பு நோக்கி அளத்தல்
2. நேரடியாய்க் கருவியின் மூலம் அளத்தல்
3. **i)** ஒப்பு நோக்கிய அளவு முறை**:**

இம் முறையில் ஒரு பரப்பின் சீர்மையை மற்றொரு பரப்பின் சீர்மையொடு ஒப்பிட்டு மதிப்பிடலாகும்; இம்முறையில் பரப்புச் சீர்மையைத் தோராயமாய்த் தான் மதிப்பிட முடியும்; எண்களால் வரையறுத்துச் சரியாய்க் குறிப்பிட முடியாது; இரண்டு பரப்புகளும் ஒரே மாதிரியாய்த் தோன்றினால் ஒப்பு நோக்கப்படும் பரப்பில் குறிக்கப்பட்டுள்ள அளவுகளை, இப்ப்ரப்புக்கும் ஏற்கலாம்; ஆனால் இரண்டு பரப்புகளும் ஒரே உற்பத்தி முறையில் செய்யப் பட்டிருக்க வேண்டும்; ஒப்பு நோக்குவதில் சற்றுக் குறை ஏற்பட்டாலும் முடிவுகள் தவறாகி விடும்.

ஒப்பு நோக்கு முறைகளாவன **:**

1. i) பார்த்து ஒப்பிடல் – இரண்டு பரப்புகளையும் கண்களால் பார்த்து ஒப்பீடு செய்தல்.
2. ii) தொட்டு ஒப்பிடல் – இரண்டு பரப்புகளைக் கைகளால் தொட்டுப் பார்த்து ஒப்பீடு செய்தல்

iii) தேய்ப்பு சோதனை முறை

1. iv) நுண்ணோக்கிச் சோதனை முறை
2. v) பரப்பு நிழற்பட முறை
3. vi) நுண் ஒளிக் குறிக்கீட்டு முறை

vii) வாலஸ் பரப்பு விசைக் கருவி முறை

viii) எதிரொலிக்கும் ஒளிச் செறிவு முறை

10.8.1 தேய்ப்பு முறை

மென்மையான ஈயம், பிளாஸ்டிக் போன்ற

பொருட்களால் பரப்பைத் தேய்த்து அதில் ஏற்படும் கீரல்களை வைத்து மதிப்பீடு செய்தல்.

10.8.2 நுண்ணோக்கி முறை

இம் முறையில் பரப்பை ஒரு நுண்ணோக்கியில் வைத்துப் பெரிதுபடுத்திப் பார்த்து மதிப்பீடு செய்யலாம்; நுண்ணோக்கியில் முதலில் தரமான சீர்மையின் அளவு தெரிந்த ஒரு பரப்பையும், அளக்க வேண்டிய பரப்பையும் மாற்றி மாற்றி வைத்து ஒப்பிட்டு மதிப்பீடு செய்யலாம்; செந்தர பரப்பையும், அளவிட வேண்டிய பரப்பையும் ஒரே நேரத்தில் பார்த்து ஒப்பிடும் நுண்ணோக்கிகளும் உள்ளன.

ஒரு பரப்பின் மேல் கத்திமுனைச் சட்டத்தை வைத்து மறுபக்கம் 60^0 கோணத்தில் ஒளியைப் பாய்ச்சினால், மறுபக்கம், பரப்புச் சீர்மைக்கு ஏற்ப ஒளி கசியும்; இவ்வாறு கசியும் ஒளியை நுண்ணோக்கியில் பெரிதுபடுத்திப் பரப்புச் சீர்மையை அளப்பதும் உண்டு.

10.8.3 பரப்பு நிழற்படங்கள்

பரப்பைப் பெரிதுபடுத்தி பல்வேறு வெளிச்சங்களில் எடுத்து, மேடுபள்ளங்களைக் காணலாம்; மேலிருந்து ஒளியைப் பாய்ச்சினால், மேடுபள்ளங்களும், கீரல்களும் கறுப்புப் புள்ளிகளாகத் தெரியும்; தட்டையான பகுதி வெளிச்சமாய்த் தெரியும்.

பக்கவாட்டில் ஒளிப்பாய்ச்சினால், குறைகள் வெளிச்சமாயும், தட்டமான பகுதி இருட்டாயும் தெரியும்.

10.8.4 ஒளிகுறுக்கிட்டு முறை

ஒரே அலைநீளமும் அலை உயரமும் கொண்ட இரண்டு ஒளிக்கீற்றுகள் சந்திக்கும்போது, அவை ஒரே முகமாய்ச் சந்தித்தால் வெளிச்சத்தையும், மாறுமுகமாய்ச் சந்தித்தால் இருட்டையும் உண்டாகும்; இதன் அடிப்படையில், ஒரு ஒளிப்பட்டையைப் பயன்படுத்திப் பரப்பிலுள்ள மேடுபள்ளங்களையும் குறைபாடுகளையும் ஒளிவரிகளாய்க் காணலாம்;

இதைக் கொண்டும் பரப்பின் சீர்மையை மதிப்பிடலாம்.

10.8.5 வாலஸ் பரப்பு விசைமானி

இது உராய்வின் அடிப்படையில் அமைந்த கருவியாகும்; கரடுமுரடான ஒரு பரப்பு அதிக உராய்வை ஏற்படுத்தும் என்பது தெரியும்.

இதனடிப்படையில், இந்த விசைமானியில் உள்ள ஒரு ஊசல் பந்து பரப்பின் மேல் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து ஊசலாட விடப்படும்; கரடுமுரடான பரப்பில் உராய்வு அதிகமாய் இருப்பதால் ஊசல் அதிக நேரம் ஆடாது; ஆனால் மென்மையான ஒரு பரப்பில் அதிக நேரம் ஆடிக் கொண்டிருக்கும்; இந்த நேர அளவைப் பயன்படுத்திப் பரப்பின் சீர்மையை அளக்கலாம்.

10.8.6 எதிரொளிக்கும் ஒளிச் செறிவு

கண்ணாடி போன்ற மிகவும் சீரான மென்மையான பரப்பில் செலுத்தப்படும் ஒளி ஏறக்குறைய அப்படியே எதிரொளிக்கப்பட்டு விடும்; ஆனால் கரடுமுரடான பரப்பின்மேல் விழும் ஒளி நாலாபக்கமும் சிதறிச் சரியாய் எதிரொளிக்காது.

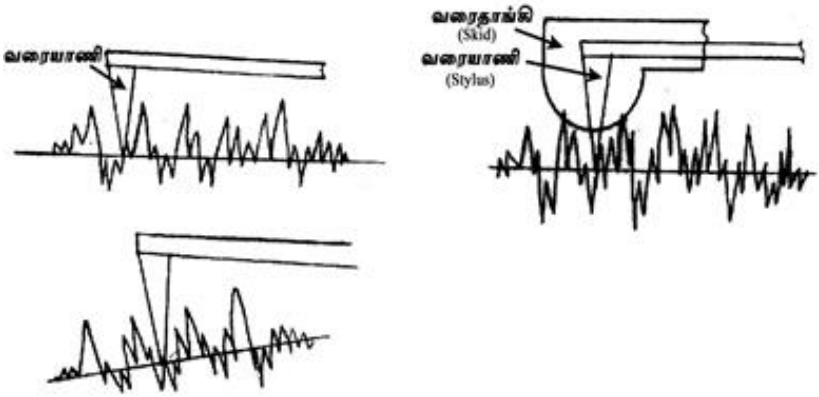
ஆகவே எதிரொளிக்கும் ஒளியின் செறிவு மிகவும் குறைந்திருக்கும்; இந்த ஒளிச் செறிவின் அளவை வைத்துப் பரப்பின் மென்மையை மதிப்பீடு செய்யலாம்.

ஒப்பீட்டு முறையில் பரப்பின் மென்மையை அளக்கப் பயன்படும் ஒப்பீட்டுப் பரப்புகள் சதுரமாகவோ, விட்டமாகவோ, வலிவான கலப்பு உலோகங்களால் செய்யப்பட்டிருக்கும்; இதன் பரப்பு மென்மையின் அளவும் அதில் குறிப்பிடப் பட்டிருக்கும்.

10.8.7 நேரடி கருவி முறை

பரப்பின் மேலுள்ள நுண்மையான, மேடுபள்ளங்களை, அந்த மேடுபள்ளங்களில் ஏறி இறங்கும் தன்மையான ஒரு கூரான வரையாணியைக் கொண்டு அளக்கலாம்;

வரையாணி (Stylus) பரப்பின் மேல் நகரும்போது அது மேலும் கீழும் ஏறி இறங்கும்; இந்த ஏற்ற இறக்கங்களை மின் அலைகளாய் மாற்றி வரை படமாகவும், மற்றும் தேவையான கூறளவுகளாகவும் பெறலாம்.

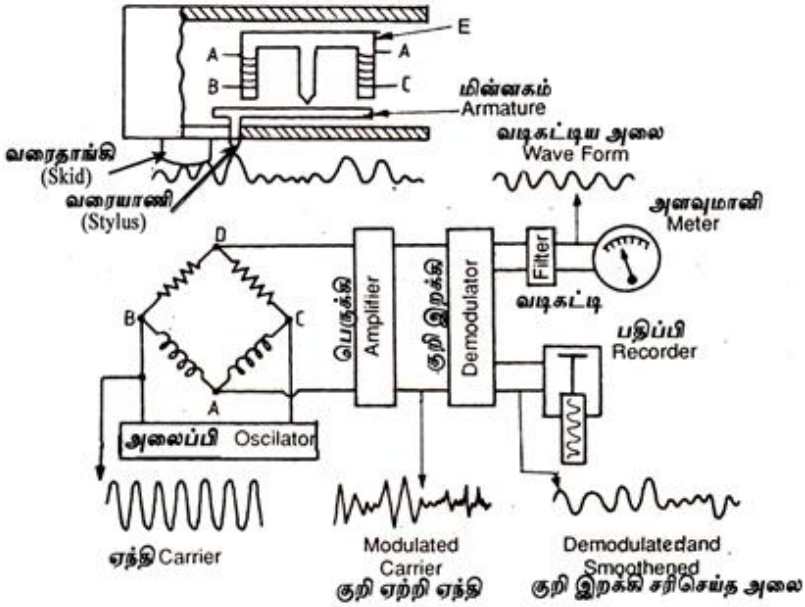


படம்- 10.13 : நேரடி கருவி முறையில் சீர்மையை அளத்தலின் அடிப்படை

வரையாணி மட்டும் நகரும் போது, பரப்பு சரியாய் இருந்தாலும், அது சாய்வாய் வைக்கப்பட்டிருந்தால், அதனையும் அளந்துவிடும்; ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்திற்கு உள்ள நுண்மையான மேடு பள்ளங்கள் மட்டும் தான் நமக்குத் தேவை; ஆகவே இக் குறையைப்போக்க வரையணியுடன் ஒரு வரை தாங்கியும் (Skid) இணைக்கப்பட்டிருக்கும்; வரைதாங்கியின் ஆரம் வரையாணியுடன் ஒப்பிடும்போது மிகவும் அதிகம்; அதனால் வரைதாங்கி பள்ளங்களில் இறங்காமல், மேடுகளை மட்டும் தொட்டுக் கொண்டு செல்லும்.

ஆகவே பெரிய அலைத் தன்மைகளையும், சரிவுத் தன்மைகளையும் நீக்கிவிட்டு வரைதாங்கியை அடிப்படையாய்க் கொண்டு வரையாணி நகர்வதால் பரப்பின் சீர்மை மட்டுமே அளக்கப்படும்.

வரையாணியின் கூர் ஆரம் 10 மை.மீட்டராயும், வரை தாங்கியின் பந்து ஆரம் 2.5 மி.மீட்டராயும் இருக்கும்.

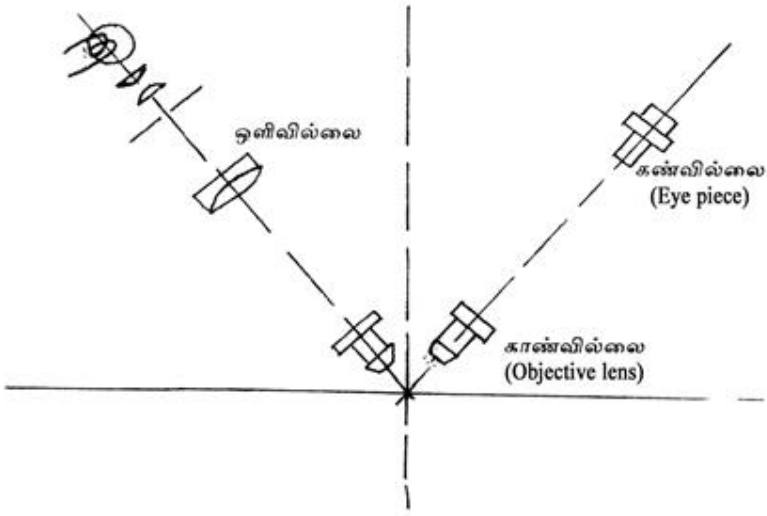


படம்-10.14 பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் கருவி

பரப்புச் சீர்மையை நேரடியாக அளக்கும் மின்னணு கருவியை படம்-10.14-ல் காணலாம்.

10.8.8 ஒளிக்கீற்று நுண்ணோக்கி மற்றும் ஒளி குறுக்குத் தோற்ற நுண்ணோக்கி **(Light Section Microscope)**

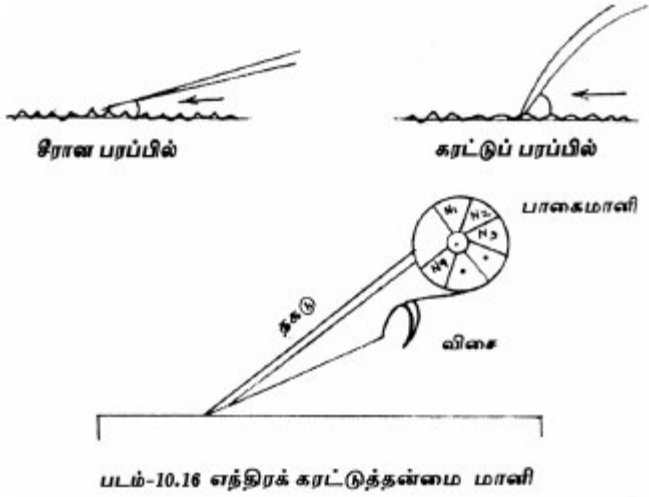
ஒளிக்கீற்றுப் பரப்புக்கு 450 கோணத்தில் ஒரு நுண்ணோக்கி அமைக்கப்பட்டிருக்கும் (படம்-10.15) இதன் மூலம் பெரிதுபடுத்திய ஒளிப்பட்டையை விழி வில்லை மூலம் பார்த்து, அதில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு, பரப்பின் மேடுபள்ள உயரத்தை எளிதாய் அளந்து விடலாம். எதிரொளிக்கும் வெளிச்ச அளவைக் கொண்டும் பரப்பின் சீர்மையை மதிப்பிடலாம்.



படம்-10.15 ஒளி குறுக்குத் தோற்ற நுண்ணோக்கி

10.8.9 எந்திரக் கரட்டுத் தன்மை மானி **(Mechanical Roughness Indicator) (MECRIN)**

ஒரு மெல்லிய தகட்டை மென்மையான கண்ணாடி யைப்போல் இருக்கும் ஒரு பரப்பின் மேல் சாய்வாய் வைத்து நகர்த்த முற்பட்டால் அது எளிதில் நகரும். அனால் பரப்பு கரடுமுரடாய் இருந்தால் தகடு நகர்வதற்கு பதிலாய் வளையத்தான் செய்யும்; எந்த சரிவுக் கோணத்தில் தகடு வளையத் தொடங்குகிறது என்பதை வைத்து பரப்பின் மென்மையை அளந்து விடலாம். மென்மையான பரப்பில் இக் கோணம் அதிகமாயும் கரடான பரப்பில் குறைவாயும் இருக்கும். இதன் அடிப்படையில் அமைந்தது தான் எந்திர கரட்டுத்தன்மை மானி.



படம்-10.16 எந்திரக் கரட்டுத்தன்மை மானி

இக்கருவியில் ஒரு மெல்லிய தகடும், அதன் முனையில் கோணத்தை அளக்கும் ஒரு பாகைமானியும் இருக்கும்; பாகைமானியின் நடுவில் ஒரு புவியீர்ப்பு ஊசல் பொருத்தப் பட்டிருக்கும்; தகட்டின் சரிவுக் கோணத்தை உயர்த்த உயர்த்த தானாகவே ஊசல் செங்குத்தாய் நகர்ந்து கோணத்தைக் காட்டும்.

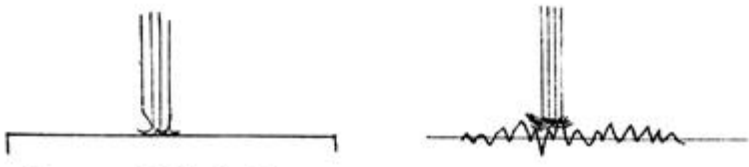
முகப்புத் தட்டு, கோணத்தைக் காட்டாமல் N தர முறையில் (Grade) சராசரிக் கரட்டுத் தன்மை (Ra) க்கு ஏற்பப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும்; இக்கருவி 0.1µm, 0.4µm Ra மதிப்புள்ள எஃகுப் பரப்புகளை வைத்து அளவீடு செய்யப்பட்டிருக்கும்.

சற்று மென்மையான பரப்புகளை அளக்கவும், வரம்புக் கடிகையாகவும், (limit gauge) குழப்பமான கோல அமைப்பு கொண்ட பரப்புகளில், சால்தடத்தைக் கண்டறியவும், மிகச்சிறிய பரப்புகளை அளக்கவும் இக்கருவி பயன்படும்.

10.8.10 காற்றழுத்தமானி முறை **(Pneumatic method)**

காற்றழுத்தத் தாரை (jet) ஒன்றை ஒரு பரப்பின் மேல் நிறுத்தினால், பரப்பின் மேடு பள்ளங்களுக்கு ஏற்பக் காற்று கசிந்து காற்று பின்னழுத்தம் மாறுபடும்; மிகவும்

மென்மையான பரப்பின் மேல் வைத்தால் கசிவு குறைவாய் இருக்கும்; ஆகவே பரப்பின் மென்மைக்குப் பின்னழுத்தம் ஒரு அளவுகோலாய் அமையும்; இந்த அடிப்படையில் ஒரு காற்றழுத்த ஒப்பளவியைக் (Pneumatic comparator) கொண்டு பரப்பின் மென்மையை அளக்கலாம்.



படம்-10.17 காற்றழுத்த மானி முறை

10.9 முடிவுரை

பரப்பின் சீர்மையின் தேவையை மனதிற்கொண்டு பல்வேறு ஆராய்ச்சிகள் இத்துறையின் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன; இவற்றின் பயனாய்ப் பரப்பின் சீர்மையை நன்கு புரிந்து கொண்டு உற்பத்தி முறைகளை தேர்ந்தெடுப்பதிலும், புதிய அளக்கும் முறைகளை உருவாக்குவதிலும் பெரும் முன்னேற்றங்கள் காணப்பட்டுள்ளன.

குறு வினாக்கள்

1. பரப்புச் சீர்மையை அளக்க வேண்டியதின் தேவை என்ன?
2. பரப்புச் சீர்மை எப்படி கெடுகிறது?
3. பரப்புச் சீர்மை குறைபாடுகளின் வகைகள் என்ன?
4. பரப்புச் சீர்மையின் கூறுகள் என்ன?
5. பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் கூறளவுகள் என்ன? அவற்றின் நிறை-குறைகளை எடுத்துக்காட்டி விளக்குக.

6. பத நீளத்துக்கும், கரட்டுத் தன்மை அளத்தல் அகலத்துக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன?
7. Ry-அளவின் குறைகள் என்ன?
8. தாங்கு பரப்புத் தன்மை கோடு என்றால் என்ன? அதன் தேவையை விளக்குக.
9. பரப்புச் சீர்மையை குறிப்பிடும் முறைகள் யாவை?
10. பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் ஒப்பீட்டு முறைகள் யாவை? அவற்றின் நிறை-குறைகள் என்ன?
11. பரப்புச் சீர்மையை நேரடியாக அளக்கும் முறைகள் யாவை?
12. பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் வரையாணி கருவியின் அடிப்படை என்ன?

நெடு வினாக்கள்

1. பரப்பின் சீர்மையை அளக்க வேண்டியதின் தேவையை எடுத்துக் காட்டுகளுடன் விளக்குக. சீர்மை கெடுவதற்கான காரணங்கள் யாவை?
2. பரப்புச் சீர்மையின் குறைபாடுகளை எப்படி வகைப்படுத்தலாம்? உரிய படங்களுடன் அவற்றை விளக்குக.
3. பரப்புச் சீர்மையின் கூறளவுகள் என்ன? ஒவ்வொன்றைப் பற்றியும் உரிய படத்துடன் விளக்குக.
4. பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் வரையாணி (Stylus) கருவியின் செயல்பாட்டின் அடிப்படையை விளக்குக.
5. வடிவுக்காரணி முறையில் பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் முறையை விளக்குக. அதன் நன்மைகள் என்ன?
6. பரப்புச் சீர்மையை அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விவரிக்கவும்.

11

வடிவம் அளத்தல்

பாடம் **: 11**

வடிவம் அளத்தல்

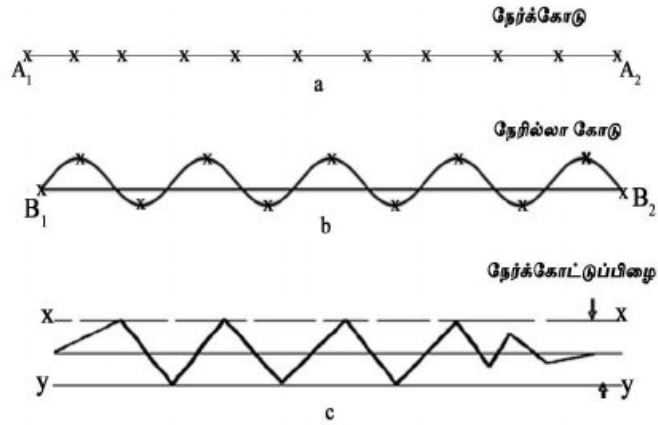
(FORM MEASUREMENT)

11.1 முன்னுரை

இன்றைய வேகமான தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியில் உருவாக்கப்படும் பொருட்களின் அளவுகள் மட்டுமில்லாமல், அவற்றின் வடிவங்களும் துல்லியமாக இருக்க வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாத ஒன்றாகும். ஒரு அளவுகோலின் விளிம்புகள் நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருக்கவேண்டும்; நெளிவுகள் இருக்கக் கூடாது என்பது அனைவருக்கும் தெரியும். இதேபோல் ஒரு கடைசல் எந்திரத்தின் மேல்தள விளிம்புகள் நேர்க்கோட்டில் இருக்க வேண்டும். நேர்க்கோட்டுத் தன்மையைப் போலவே, தட்டைத்தன்மையும் (Flatness), செங்குத்துத் தன்மையும் (squareness), வட்டத்தன்மையும் (Roundness), உருளைத்தன்மையும் (Cylindricity) பொருட்களுக்கு இன்றியமையா ஒன்றாகும். அவற்றில் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்கும் முறைகளை இங்கு காண்போம்.

11.2 நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல் **(Straightness measurements)**

11.2.1 நேர்க்கோட்டுத் தன்மை



படம்-11.1 நேர்க்கோட்டுத் தன்மை

ஒரு கோட்டில் உள்ள எல்லா புள்ளிகளும் ஒரே மட்டத்தில் இருப்பதே நேர்க்கோட்டுத் தன்மையாகும்.

படம் 1 (a)ல் A_1 என்ற முதல் புள்ளியையும், A_2 என்ற கடைசி புள்ளியையும் இணைக்கும் ஒரு கோட்டில் மற்ற எல்லா புள்ளிகளும் அமைந்திருப்பதைக் காணலாம். ஆனால் படம் 1 (b)ல், B_1 என்ற புள்ளியையும், B_2 என்ற புள்ளியையும் இணைக்கும் நேர்க்கோட்டுக்கு மேலும் கீழும் மற்ற புள்ளிகள் அமைந்திருக்கின்றன. இந்தக் கோட்டில் ஒரு சக்கரத்தை ஓட்டினால் அது மேலும் கீழும் ஏறி இறங்கி ஓடும். ஆகவே நேர்க்கோட்டுத் தன்மையில் பிழை உள்ளது என்பது தெளிவாகத் தெரிகிறது.

இந்த நேர்க்கோட்டுப் பிழை என்பது ஒரு நேர்கோட்டுக்கு மேலும் கீழும் உள்ள புள்ளிகளை உள்ளடக்கிய இரண்டு இணைக்கோடுகளுக்கு இடையில் உள்ள குறைந்த தூரமாகும் படம் 1-c, xx, yy என்ற இரண்டு இணைகோடுகளுக்கு நடுவில் உள்ள இடைவெளி நேர்க்கோட்டுத் தன்மைப் பிழையைக் குறிக்கிறது.

எனவே, நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்க முதலில்

ஒரு கோட்டில் உள்ள புள்ளிகளின் ஏற்ற இறக்கங்களை அளக்க வேண்டும். இதற்கு பல முறைகள் வழக்கில் உள்ளன. அவை,

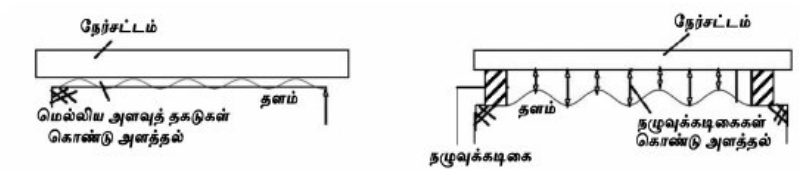
(1) நேர்கோட்டு கத்தி விளிம்பு முறை (Straight knife edge method)

(2) சாராய மட்டம் (Spirit level)

(3) தானிணை ஒளிமானி அளவி (Auto Collimater)

11.2.2 நேர் கத்திவிளிம்பு முறை

நேராகவும் கூராகவும் கத்தி போன்ற விளிம்பு கொண்ட ஒரு சட்டத்தை நேர்க்கோட்டுத் தன்மையில்லாத ஒரு பொருளின் மேல் வைத்துப் பார்த்தால், இரண்டுக்கும் நடுவில் ஒரு இடைவெளி தெரியும். ஆனால் ஒரு நேர்க்கோட்டுத் தன்மையுள்ள பொருளின்மேல் வைத்தால் இரண்டுக்கும் நடுவில் எந்த இடைவெளியும் தெரியாது. இந்த இடைவெளியின் அகலத்தை வைத்து தோராயமாக நேர்க்கோட்டின் தன்மையைக் கணிக்கலாம். ஆனால் இது சரியான முறையன்று. ஆகவே சரியாக பிழையை அளக்க நழுவுக் கடிகைகளும் (Slip gauges), மெல்லிய தகடுகளும் (Feeler gauges) பயன்படுகின்றன.



படம்-11.2 நேர்சட்டம் மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்க வேண்டிய பொருளின் மேல் நேரடியாக கத்தி முனையை வைத்து, குறிப்பிட்ட தூரத்தில், இரண்டுக்கும் உள்ள இடைவெளியை மெல்லிய தகடுகளை (Feeler gauge) நுழைத்து அளக்கலாம். தகடுகள் 0.5 மி.மீ. அளவுகளில் இருந்து 2 மி.மீ. வரை வெவ்வேறு அளவுகளில் ஒரு கட்டாக கிடைக்கின்றன. இத்தகடுகளை

ஒவ்வொன்றாகவோ, சில தகடுகளை ஒன்றாக சேர்த்தோ பயன்படுத்தலாம். இடைவெளிக்கேற்ப இத்தகடுகளைத் தெரிவு செய்து கொள்ளலாம்.

கத்தி முனைக்கும், பொருளுக்கும் இடையில் உள்ள இடைவெளி மிகவும் குறைவாக இருந்தால், இந்த முறை பயன்படாது. ஏனென்றால் தகடுகள் இடைவெளியில் நுழையாது.

ஆகவே இதற்கு நழுவுக் கடிகைகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இம்முறையில், பொருளின் மட்டத்தில் இரண்டு முனைகளிலும் 10 மி.மீ. அல்லது 20 மி.மீ. அளவுள்ள நடுவுக் கடிகைகளை வைத்து, அதன்மேல் கத்திமுனை நேர்சட்டத்தை வைக்க வேண்டும். இப்பொழுது இரண்டுக்கும் இடைவெளியில் உள்ள இடைவெளி 10. மி.மீட்டருக்கு சற்று கூடவோ, குறைவாகவோ இருக்கும். இந்த இடைவெளியைச் சரியான அளவில் நழுவுக் கடிகைகளை இணைத்து அளந்து விடலாம். இடைவெளியை ஒரு குறிப்பிட்ட கிடைதூரத்தில் அளக்க வேண்டியதும் முக்கியமாகும்.

தாங்கும் நழுவுத் தண்டின் அளவிலிருந்து (10மி.மீ. (அ) 20 மி.மீ.) இடைவெளியின் அளவுகளைக் கழித்தால், புள்ளிகளின் ஏற்ற இறக்க அளவுகள் கிடைக்கும். இந்த அளவுகளில் அதிக எண்ணுக்கும், குறைவான எண்ணுக்கும் உள்ள வேறுபாடு தோராயமாக நேர்க்கோட்டுத் தன்மை பிழையெனக் கொள்ளப்படும். ஆனால் துல்லியமாக கண்டறிய கீழ்கண்டுள்ள முறையைப் பின்பற்ற வேண்டும்.

(1) ஒரு வரைபடத்தில் புள்ளிகளை குறித்து அவற்றை கோடுகளால் இணைக்க வேண்டும்.

(2) அதன் பிறகு அந்த கோட்டின் கீழ் அல்லது மேல் ஒரு பக்கத்தில் உள்ள இரண்டு புள்ளிகளை இணைத்து ஒரு கோடு வரைய வேண்டும்.

(3) பின்னர், இந்த கோட்டுக்கு இணையாக, எதிர்பக்கத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியை தொட்டுக் கொண்டு செல்லுமாறு இன்னொரு கோடு வரைய வேண்டும்.

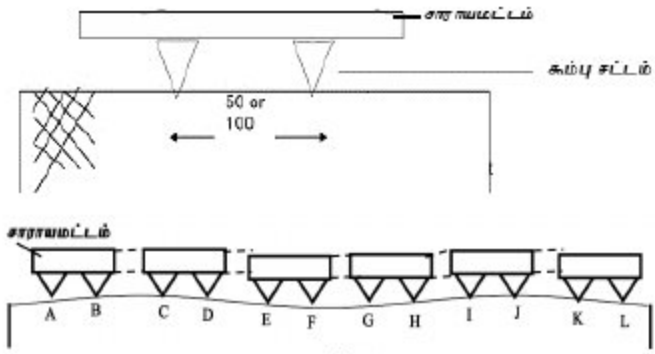
(4) இந்த இரண்டு கோடுகளுக்கும் நடுவில் உள்ள இடைவெளியை அளக்க வேண்டும். இதுவே நேர்க்கோட்டுத் தன்மை பிழையாகும்.

மேற்குறிப்பிட்ட முறைகளில், கத்தி முனை நேர்சட்டம் ஒரு ஒப்பிட்டு கோடாக கருதப்பட்டு பிழை அளக்கப்படுகிறது. கத்தி முனையில் பிழையிருந்தால், அதுவும் பொருளின் நேர்க்கோட்டுத் தன்மை பிழையில் சேர்ந்துவிடும். பிழைகள் அதிகமாக இருக்கும்போது இதன் விளைவுகள் அதிகமிருக்காது. ஆனால் பிழைகள் குறைவாக இருக்கும்போதும், துல்லியமாக அளக்க வேண்டிய தேவை இருக்கும்போதும் இம்முறைகள் பயன்படாது. அதற்கு சாராய மட்ட முறையும், தானிணை ஒளி முறையும் தேவைப்படும்.

இம்முறைகளில் இயற்கையான கிடைமட்டத்தை ஒப்பீட்டுக் கோடாக கொண்டு, பிழை அளக்கப்படுகிறது.

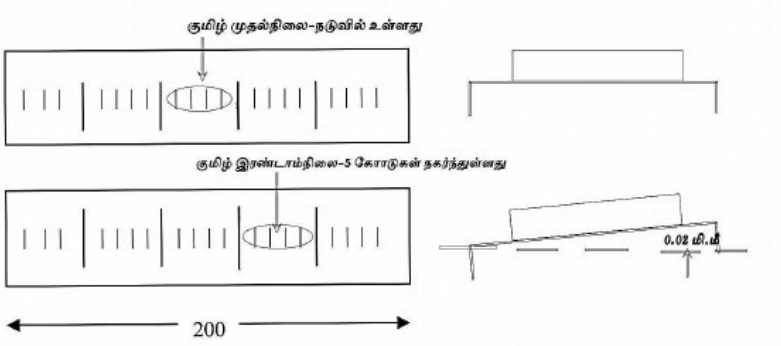
11.2.3 சாராய மட்டம் மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்

சாராய மட்டங்கள் பொதுவாக 150 மி.மீ. முதல் 300 மி.மீ. வரையிலான நீளங்களில் கிடைக்கின்றன. ஆனால் நேர்க்கோட்டுப் பிழையை அளக்க 100 மி.மீ. இடைவெளிகளில் அளவுகள் எடுக்க வேண்டும். ஆகவே அதற்கு இரண்டு கூர்முனைகளையோ, அல்லது இரண்டு நழுவுத் துண்டுகளையோ பயன்படுத்தி ஒரு அடி தளத்தை உருவாக்கி அதன் மேல் சாராய மட்டத்தை நிலையாக பொருத்திக் கொள்ளலாம்.



படம்-11.3
சாராயமட்டம் மூலம் நேர்ச்சோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்

சாராய மட்டத்தை மிகச் சரியான கிடை மட்டத்தில் வைத்தால், அதிலுள்ள குமிழ் நடுவில் இருக்கும். ஆனால், சாராயமட்டம் சற்று சாய்வாக இருந்தால், சாய்வு திசைக்கு எதிர் திசையில் குமிழ் நகர்ந்து நிற்கும். எவ்வளவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை எளிதாக அளந்துவிடலாம். பொதுவாக அதன் துல்லியம் 0.02 மி.மீ./மீ. அதாவது, 1 மீட்டர் நீளமுள்ள ஒரு சட்டத்தின் மேல் நடுவில் சாராய மட்டத்தை வைத்து சட்டத்தின் ஒரு முனையை 0.02 மி.மீ அளவுக்க உயர்த்தினால், சாராய மட்டத்தின் குமிழ் ஒரு கோடு நகரும். ஆகவே குமிழ் எத்தனை கோடுகளை கடந்திருக்கிறது என்பதைக் கொண்டு, சாராய மட்டத்தின் ஒரு முனை, மற்ற முனையோடு ஒப்பிடும்போது எவ்வளவு உயர்ந்திருக்கிறது அல்லது தாழ்ந்திருக்கிறது என்பதை எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம்.



படம்-11.4 சாராயமட்டத்தில் குமிழ் நகரும் தொலைவு

சாராய மட்டம் படத்திலுள்ளதைப் போல் சாய்ந்து குமிழ் ஐந்து கோடுகள் நகர்ந்திருந்தால், இரண்டு முனைகளுக்கும் உள்ள உயர வேறுபாடு 0.10 மி.மீ. ஆகும்.

1 கோடு = 0.02 மி.மீ / மீட்டர்

5 கோடு = 0.10 மி.மீ / மீட்டர்

(அது) 1000 மி.மீ நீள இடைவெளியில் 0.10 மி.மீ.

200 மி.மீ நீள இடைவெளியில் உயர வேறுபாடு = $\frac{0.1 \times 200}{1000} = 0.02$ மி.மீ

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்க வேண்டிய பலகை அல்லது சட்டத்தின் மேல் சாராய மட்டத்தை 100 மி.மீ. இடைவெளியில் கூம்பு சட்டங்களின் மேல் வைத்து அளவுகள் எடுக்க வேண்டும். இந்த அளவுகளிலிருந்து நேர்க்கோட்டுத் தன்மை எப்படி கணிக்கப்படுகிறது என்பதை கீழுள்ள அட்டவணை விளக்குகிறது.

நிலை	அளவு (மி.மீ)	முதல் அளவுடன் வேறுபாடு	ஏற்றம் இறக்கம்	மொத்த ஏற்ற இறக்கம் மி.மீ x 2/100 மி.மீ	நேர்கோடு திருத்தம் மி.மீ	நேர்கோட்டிலி மி.மீ

மை.மீ

A B	5	5-5=0	0	0	-4	0
B C	8	8-5=3	+6	0+6=6	-8	-4
C D	10	10-5=5	+10	6+10=16	12	-2
D E	7	7-5=2	+4	16+4=20	16	+4
E F	5	5-5=0	0	20+0=20	20	+4
F G	3	3-5=-2	-4	20-4=16	-24	0
G H	5	5-5=0	0	16-0=16	-28	-8
H I	9	9-5=4	+8	16+8=24	32	-12
I J	10	10-5=5	+10	24+10=34	36	-2
J K	8	8-5=3	+6	34+6=40	40	0

சாராய மட்டத்தின் சரிநுட்பம் : 0.02 மி.மீ./மீ

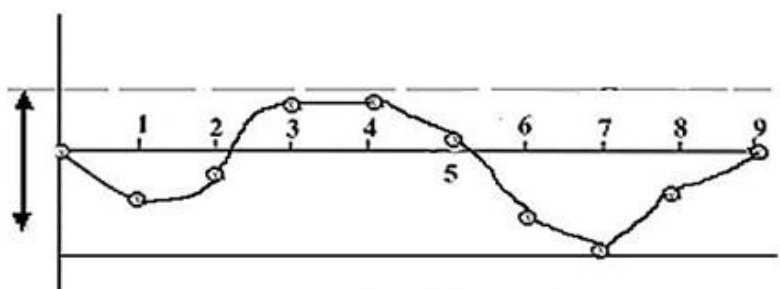
அதனால் 100 மி.மீ. இடைவெளியில் சாய்வு =

$$\frac{0.02}{1000} \times 100$$

= 0.002 மி.மீ

ஃ சாராய மட்டத்தின் நுட்பம் 100 மி.மீ. இடைவெளியில் = 2 மைக்ரோமீட்டர்

கடைசி கட்டத்திலுள்ள பிழைகளின் அளவுகளை ஒரு வரைதாளில் குறித்து, இணைத்தால், பிழைகளின் வரைபடம் கிடைக்கும்.



படம்- 11.5 பிழைகளின் வரைபடம்

இதிலிருந்து நேர்க்கோட்டுப் பிழை = +4-(-12) = +16

μm வரைகோட்டுப் படத்தில், ஒருபக்கம் இரண்டு புள்ளிகளை இணைத்து ஒரு கோடும், மறுபக்கத்தில்,

அதற்கு இணையாக ஒரு கோடும் வரைந்து, அவற்றிற்கான இடைவெளியை அளந்தும், நேர்க் கோட்டுத் தன்மையைக் கண்டு பிடிக்கலாம். இந்த எடுத்துக்காட்டில், மேல் பக்கம் இரண்டு புள்ளிகள் (+4) ஒரே அளவில் இருப்பதால், மேல்கோடும், கீழ்கோடும் அச்சுக் கோட்டுக்கு இணையாகவே இருக்கும். எனவே,

இந்த முறையிலும் பிழை +16 μm என்றே இருக்கும்.

சாராய மட்டத்தில் உள்ள குமிழின் நகர்வை ஓரளவு துல்லியமாகத்தான் அளக்க முடியும். ஆனால் இதைவிடத் துல்லியமாக நேர்க்கோட்டுப் பிழையை அளக்க தானிணை ஒளிமானியைப் (Auto Collimater) பயன்படுத்தலாம்.

11.2.4 தானிணை ஒளிமானியின் மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்

இக்கருவியிலுள்ள எதிரொளிக்கும் ஆடியின் அடிமனை 100 மி.மீ. நீளத்தில் இருப்பதால் இதற்கு கூர்முனைகள் தேவையில்லை. சாராய மட்டத்தை நகர்த்தியதைப் போல, இந்த அடிமனையை ஒவ்வொரு 100 மி.மீ. இடைவெளியிலும் நகர்த்தி அளவுகள் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டு :

நேர்கோட்டுத் தன்மை எதிராடியின் நிலை	தானிணை ஒளிமானியில் அளவு எழுத்த அளவு μm 5 μm	மேடு நாடி வினாடி	பள்ளம்	மொத்த வேறுபாடு	இரண்டு முனைகளுக்கு இடையில் உயர்வு/தாழ்வு 0– ஆக்க சரிசெய்ய வேண்டிய திருத்தம்	நேர்கோட்டுப் பிழை
0					0	0
0-100	2 10	0	0	0	-0.5	-0.5
100-200	2 10	0	0	0	-1.0	-1.0

200-300	2 12	+2	+1	+1	-1.5	-0.5
300-400	2 08	-2	-1	0	-2.0	-2.0
400-500	2 12	+2	+1	+1	-2.5	-1.5
500-600	2 06	-4	-2	-1	-3.0	-4.0
600-700	2 10	0	0	-1	-3.5	-4.5
700-800	2 15	+5	+2.5	+1.5	-4.0	-2.5
800-900	2 14	+4	+2.0	+3.5	-4.5	-1.0
900-1000	2 13	+3	+1.5	+5.0	-5.0	0

மாதிரி கணக்கீடு (200-300 நிலை)

200-300 நிலையில் அளவு = 2′ 12”

முதல் அளவு = 2′ 10”

முதல் அளவிலிருந்து வேறுபாடு = 2′ 12” – 2′ 10” = 2”

மேடு (அ) பள்ளம் = + 2” x 0.5 = +1 μm

(இங்கு 0,5 என்பது கருவியின் நிலைஎண், இது கருவியின் குவிதூரத்தையும், எதிராடியின் அடிமனை நீளத்தையும் கொண்டு கணிக்கப்பட்டது. மாறாதது)

மொத்த மேடு (அ) பள்ளம் = 0+0+1 = +1 μm

நேர்க்கோட்டில் பிழையைக் கண்டறிய சரிசெய்ய வேண்டிய அளவு

முதல் முனையில் மொத்த அளவு = 0

கடைசி முனையின் மொத்த அளவு = +5 μm .

அதாவது, கடைசி முனை +5 μm உயர்ந்திருக்கிறது.

எனவே, இந்த முனையை 0- ஆக்க வேண்டுமென்றால், முதல் புள்ளியையும், கடைசி புள்ளியையும்

இணைக்கும் ஒரு கற்பனை கோட்டை – 5 μm

அளவுக்கு கீழே இறக்க வேண்டும்; இது + 5 μm என்ற

அளவிலிருந்து – 5 μm அளவைக் கழிக்கவேண்டும். பிறகு இந்த அளவை மற்ற புள்ளிகளுக்கு, அவை இருக்கும் தூரத்திற்கு ஏற்ப பங்கிட்டு சரிசெய்யவேண்டும். எனவே 10-வது புள்ளிக்கு சரிசெய்யவேண்டிய அளவு = – 5

அப்படியென்றால், மூன்றாம் புள்ளிக்கு

சரிசெய்யவேண்டிய அளவு = $\frac{-5}{10} \times 3 = -1.5$

ஆறாம் புள்ளிக்கு சரிசெய்யவேண்டிய அளவு = $\frac{-5}{10} \times 6 = -3.0$

பிழை கண்டறிதல் (தோராய முறை)

நேர்க்கோட்டுப் பிழையின் அதிக அளவு = 0

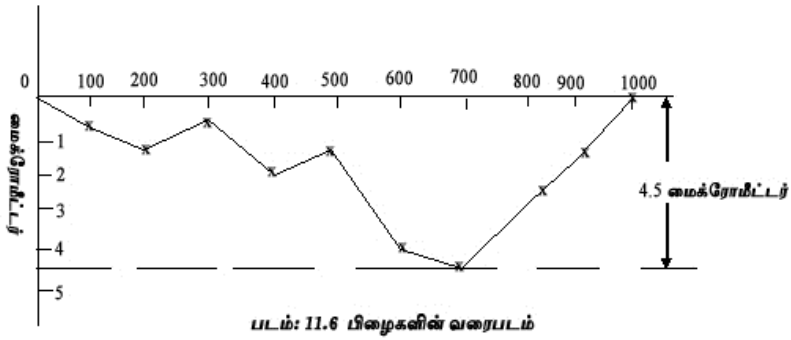
குறைந்த அளவு = -4.5

எனவே பிழை = 0-(-4.5) = 4.5 μm

பிழை கண்டறிதல் வரைபட முறை

இந்த படத்திலிருந்து கண்டறிய எல்லா புள்ளிகளையும் உள்ளடக்கிய இரண்டு இணை கோடுகள் போட்டு, அவற்றிற்கு இடையிலான தொலைவைக் கண்டறிய வேண்டும். அதுவே, நேர்க்கோட்டுப் பிழையாகும்.

இந்த எடுத்துக்காட்டில், பிழை = 4.5 மை.மீ.



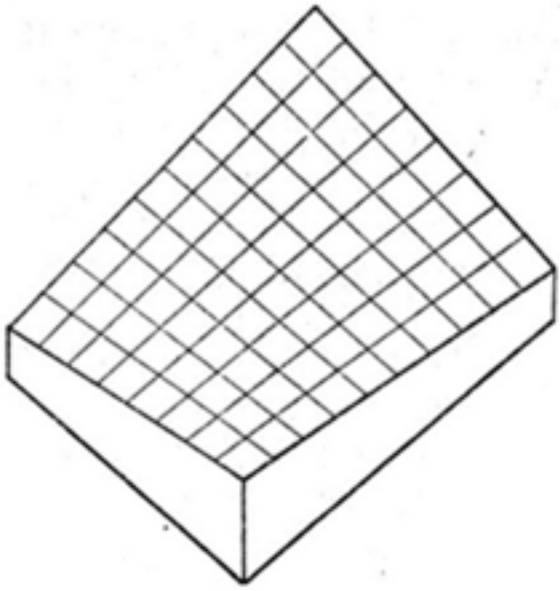
படம்: 11.6 பிழைகளின் வரைபடம்

11.3 தட்டைத் தன்மையை அளத்தல் **(Flatness Measurement)**

ஒரு கோட்டில் உள்ள எல்லா புள்ளிகளும் நேர்க்கோட்டில் இருந்தால், அதனை நேர்க்கோட்டு தன்மை (Straightness) என்கிறோம். இதேபோல், ஒரு பரப்பில் உள்ள எல்லா புள்ளிகளும், ஒரே தளத்தில் இருந்தால் அதனை தட்டைத்தன்மை (Flatness) என்கிறோம். அப்படியில்லாமல், புள்ளிகள் ஒரு தளத்துக்கு மேலும் கீழும் பரவியிருந்தால், அந்த தளத்திலிருந்து எவ்வளவு விலகியிருக்கின்றன என்பதை அளந்து, தட்டைத்தன்மை பிழையைக் கண்டறியலாம்.

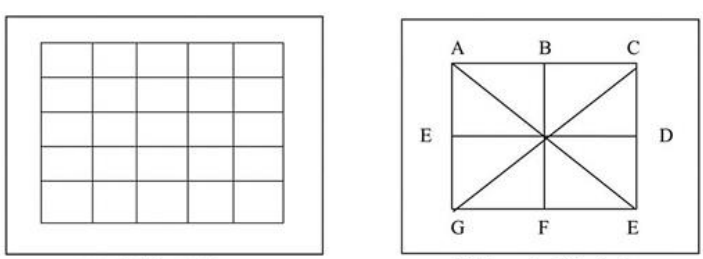
தட்டைத்தன்மை பிழை என்பது, ஒரு பரப்பிலுள்ள எல்லா புள்ளிகளையும் அடக்கக் கூடிய இரண்டு இணை தளங்களுக்கு இடைபட்ட தொலைவு ஆகும்.

நேர்கோட்டு பிழை என்பது, ஒரு கோட்டுக்கு மேலும் கீழும் விலகியிருக்கும் எல்லா புள்ளிகளையும் அடக்கியுள்ள இரண்டு இணைகோடுகளுக்கு இடைபட்ட தொலைவு என்பதை இங்கு நினைவு கூறுவோம்.



படம்-11.7 தட்டைத்தன்மை பிழை

தட்டைத்தன்மையை, அளக்க, முதலில் அளக்க வேண்டிய தளத்திலிலுள்ள எல்லா புள்ளிகளின் மேடு, பள்ளம் நிலைகளை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். இதற்கு, தளத்தின் மேல் படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல், நெடுக்கு, குறுக்காகவோ, அல்லது மூலைவிட்ட முறையிலோ கோடுகளை போட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.



11.8.1 நேர்கோடுகள் முறை

11.8.2 குறுக்குக் கோடுகள் முறை

படம்- 11.8 பரப்பில் கோடுகள் போடும் முறை

கோடுகள் போடும்போது தட்டைத்தன்மையை அளக்க வேண்டிய பரப்பின் விளிம்புகளை தவிர்க்க வேண்டுவது மிகவும் அவசியம் ஆகும். எனவே, குறைந்தது 25 மி.மீ. தள்ளி கோடுகள் போட வேண்டும்.

பிறகு இந்த கோடுகளின் மேல், தானிணை ஒளிமானியையோ, அல்லது சாராய மட்டத்தையோ பயன்படுத்தி, ஒவ்வொரு 100 மி.மீ. இடைவெளியில் அளவுகள் எடுக்க வேண்டும்.

குறுக்குக் கோட்டு முறையைப் பயன்படுத்தி, ஒவ்வொரு கோட்டிலும் தானெதிர் ஒளிமானி மூலம் எடுக்கப்பட்ட கூட்டுப்பிழை அளவுகள் மைக்ரானில் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை **-1** பரப்பின் கோடுகளில் கூட்டுப் பிழை:

A-C	A-E	A-G	G-C	G-E	C-E	BF	H-D
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	+1	+2	+1	-1	+1	+3
-4	-1	+2	+4	-3	+2	+2	+7
-7	-2	-2	+5	-6	+5	-2	+9
-12	-4	-6	+6	-8	+5	-5	+9
-15	-8	-6	+4	-9	+3	-7	+6
-15	-12		+2	-11	+2		+9
-16	-17		0	-12			+10
	-21		-2				
	-24		0				

ஒரு சதுர அல்லது செவ்வக பரப்புகளில் உள்ள நான்கு மூலைகளில் மூனறு மூலைகளை 0 அளவுக்கு சமன்படுத்தலாம்.

இப்படி சமன்படுத்தப்பட்ட முக்கோண தளத்தை ஒப்பீட்டுத் தளம் (Reference Plane) என்போம்.

படம்-11.8.2-ல் காட்டப்பட்டுள்ள எடுத்துக்காட்டில் ACG என்பதை ஒப்பீட்டுத் தளம் எனக் கொள்வோம். எனவே

A, C, G என்ற மூலைப் புள்ளிகளை 0-அளவுக்கு கொண்டு வரவேண்டும். இதற்கான அளவு திருத்தங்கள் செய்யப்பட வேண்டும்.

அட்டவணை **-2** $\overline{AC}$ கோட்டில் திருத்தம் **:**

கூட்டுப் பிழை	திருத்தம்	நேர்க்கோட்டில் பிழை
0	0	0
0	+2	+2
-1	+4	+3
-4	+6	+2
-7	+8	+1
-12	+10	-2
-15	+12	-3
-15	+14	-1
-16	+16	0

அட்டவணை **-3 AG** கோட்டில் திருத்தம் **:**

கூட்டுப் பிழை	திருத்தம்	நேர்க்கோட்டில் பிழை
0	0	0
0	+1	+1
+1	+2	+3
+2	+3	+5
-2	+4	+2
-6	+5	-1
-6	+6	0

இப்பொழுது A, C, G என்ற மூன்று புள்ளிகளும் 0-அளவில் உள்ளன.

இந்த A, G, C என்ற ஒப்பீட்டுத் தளத்துக்கு ஏற்ப மற்ற புள்ளிகளின் அளவுகளை மாற்றியமைக்க வேண்டும்.

$\overline{GC}$ என்ற கோட்டின் முதல் புள்ளியும், கடைசி புள்ளியும் ஏற்கெனவே 0-என்றே உள்ளதால், அந்த கோட்டில் திருத்தம் எதுவும் செய்யப்படவில்லை.

இதில் GC கோட்டின் மையப்புள்ளி, அதாவது பரப்பின் மையப்புள்ளி +6 என்ற அளவில் உள்ளது. எனவே AE என்ற கோட்டில் உள்ள புள்ளிகளை திருத்தம் செய்யும்போது, அதன் மையப்புள்ளியும் +6 அளவுக்கு வருமாறு செய்யவேண்டும்.

AE என்ற கோட்டின் மையப்புள்ளியின் அளவு தற்போது = -4 இதனை +6 அளவுக்கு மாற்ற +10 என்ற அளவைக் கூட்ட வேண்டும்,

அதனால் -4 + 10 = +6

அதாவது, AE என்ற கோட்டின் மையப்புள்ளி +10 அளவு உயர AE கோட்டை A-யிலிருந்து சாய்க்க வேண்டும். அப்படியானால், E என்ற புள்ளி இரண்டு மடங்கு அதாவது, 2×10 = +20 புள்ளிகள் உயரும். இதேபோல் மற்ற புள்ளிகளிலும், அதற்கொப்ப உயரும், அதன் அளவுகள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை **– 4 AE** என்ற கோட்டில் திருத்தம் **:**

மொத்த பிழை	திருத்தம்	
0	0	0
0	+2	+2
0	+4	+4
-1	+6	+5
-2	+8	+6
-4	+10	+6
-8	+12	+4
-12	+14	+2
-17	+16	-1
-21	+18	-3
-24	+20	-4

இதன்பிறகு CE என்ற கோட்டில் திருத்தங்கள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். இந்த கோட்டில் E என்ற புள்ளியின் அளவு ஏற்கனவே -4 என்று முடிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே அதற்கேற்ப திருத்தங்கள்

செய்ய வேண்டும்.

அட்டவணை **-5 CE** என்ற கோட்டில் திருத்தம்

மொத்த பிழை	**ACG**யுடன் ஒப்பிட்டு திருத்தம்	
0	0	0
0	-1	-1
-1	-2	-3
+2	-3	-1
+5	-4	+1
+3	-5	-2
+2	-6	-4

இதே போல் GE கோட்டிலும் திருத்தங்கள் செய்ய வேண்டும்.

அட்டவணை **-6 GE** என்ற கோட்டில் திருத்தம் **:**

மொத்த பிழை	**ACG**யுடன் ஒப்பிட்டு திருத்தம்	
0	0	0
0	+1	+1
+1	+2	+3
-3	+3	0
-6	+4	-2
-8	+5	-3
-9	+6	-3
-11	+7	-4
-12	+8	-4

BF என்ற கோட்டில் திருத்தம்

BF என்ற கோட்டில், B என்ற புள்ளி ஏற்கனவே +1 அளவில் உள்ளது. எனவே, BF என்ற கோட்டை மொத்தமாக +1 அளவுக்க முதலில் உயர்த்தவேண்டும். அதற்கு BF என்ற கோட்டில் உள்ள எல்லா புள்ளிகளுடனும் +1-யை கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு ACGக்கு ஏற்ப திருத்தம் செய்ய வேண்டும்.

அட்டவணை **-7 BF** என்ற கோட்டில் திருத்தம் **:**

	முதல் திருத்தம்		**ACG**க்கு ஏற்ப திருத்தம்	
0	+1	+1	0	+1
0	+1	+1	+1	+2
+1	+1	+2	+2	+4
+2	+1	+3	+3	+6
-2	+1	-1	+4	+3
-5	+1	-4	+5	+1
-9	+1	-8	+6	-2

அட்டவணை **-8 HD** என்ற கோட்டில் திருத்தம் **:**

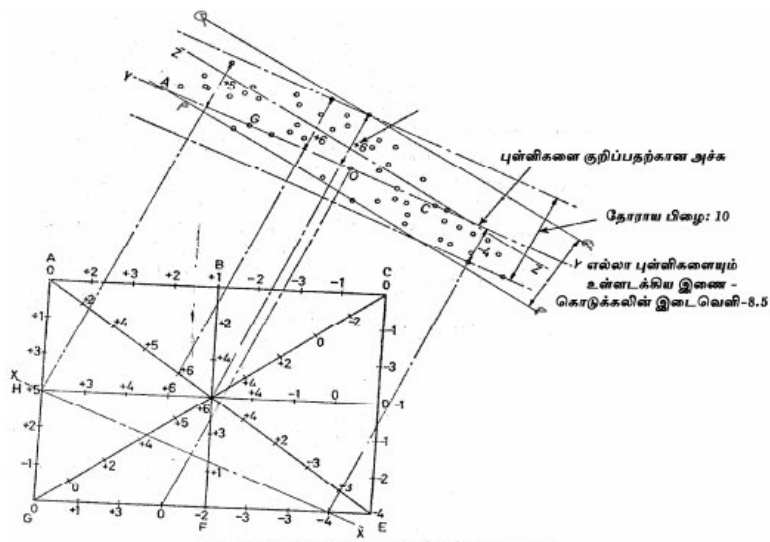
	முதல் திருத்தம்		**ACG**க்கு ஏற்ப திருத்தம்	
0	+5	+5	0	+5
0	+5	+5	-2	+3
+3	+5	+8	-4	+4
+7	+5	+12	-6	+6
+9	+5	+14	-8	+6
+9	+5	+14	-10	+4

+6	+5	+11	-12	-1
+9	+5	+14	-14	0
+10	+5	+15	-16	-1

H என்ற புள்ளி AG என்ற கோட்டில் ஏற்கனவே +5 என்று உள்ளது.

BF என்ற கோட்டின் மையப்புள்ளியும், HD என்ற கோட்டின் மையப்புள்ளியும் +6 என்ற அளவுக்கு பரப்பின் மையப் புள்ளியோடு ஒத்திருப்பது திருத்தங்கள் சரியாக செய்யப்பட்டிருப்பதை எடுத்துக் காட்டுகிறது.

இப்பொழுது, திருத்தப்பட்ட புள்ளிகளை, பரப்பின் படத்தில் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.



படம்-11.9 பரப்பின்மேல் புள்ளிகளின் அளவுகள்

இந்த படத்தில் ACG என்ற ஒப்பீட்டுத் தளத்தில், பெரிய

எண் +6 ஆகும். இதேபோல் GCE என்ற தளத்தில் மிகக் குறைந்த எண் -4 ஆகும்.

எனவே, தோராயமான மட்டத்தன்மையின் பிழை +6-(-4) = +10 மைக்ரான்

இந்த தளத்தில் A,C,G என்ற புள்ளிகள் 0 அளவிலும், E என்ற புள்ளி -4 அளவிலும் உள்ளது. எனவே, இந்த மொத்த தளத்தையும் GC என்ற அச்சில், E என்ற புள்ளி -2 என்ற அளவுக்கும், A என்ற புள்ளி -2 என்ற அளவுக்கும் வருமாறு சாய்த்து கொண்டு, மீண்டும், மற்ற புள்ளிகளின் அளவுகளைக் கணக்கிட வேண்டும். பிறகு தட்டைத்தன்மை பிழையை கண்டறியலாம்.

இதற்கு பதிலாக, படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல் x-x என்ற கோட்டுக்கு இணையாக y-y என்ற கோட்டை வரைந்து கொள்ளவேண்டும். பிறகு இந்த கோட்டுக்கு செங்குத்தாக ஒவ்வொரு புள்ளியிலிருந்தும் கோடுகள் வரைந்து கொண்டு, அந்த கோட்டில் y-y கோட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு அதற்கு மேலும் கீழும் புள்ளிகளின் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக H-என்ற புள்ளியிலிருந்து வரைந்த கோட்டில் y-y கோட்டுக்கு மேல் +5 என்ற அளவு குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

இப்பொழுது நேர்க்கோட்டுத் தன்மையைக் கண்டறிந்ததைப் போல, எல்லா புள்ளிகளையும் உள்ளடக்கிய P-P, Q-Q என்ற இரண்டு இணை கோடுகளை வரைய வேண்டும். இந்த இரண்டு கோடுகளின் இடைவெளியே தட்டைத்தன்மையின் பிழை என அறியப்படும். இதன்படி பிழை 8.5 அலகுகள் ஆகும்.

தற்போது, கணிப்பொறிகளைப் பயன்படுத்தியும், தட்டைத்தன்மையின் பிழையைக் கணக்கிடலாம்.

y-y -அச்சுக்கோட்டுக்கு இணையாக இரண்டு கோடுகள் வரைந்தால் கிடைக்கும் பிழை தோராய அளவாக 10 அலகுகளாக இருக்கும் என்பதை இங்கு ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும்.

குறுவினாக்கள் :

1. நேர்க்கோட்டுத் தன்மை என்றால் என்ன?
2. நேர்க்கோட்டுப் பிழை என்றால் என்ன?
3. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்கும் முறைகள் யாவை?
4. தட்டைத் தன்மை என்றால் என்ன?
5. தட்டைத் தன்மை பிழை என்றால் என்ன?
6. தட்டைத் தன்மை பிழை எவ்வாறு அளக்கப்படுகிறது.

நெடுவினாக்கள் :

1. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை நேர் சட்டம் மூலம் அளக்கும் முறையை விவரிக்கவும்.
2. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை சாராயமட்டம் மூலம் அளக்கும் முறையை விவரிக்கவும்.
3. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை தானிணை ஒளிமானி மூலம் அளக்கும் முறையை விவரிக்கவும்.
4. தட்டைத் தன்மை பிழையை அளக்கும் முறையை விவரிக்கவும்.
5. தானிணை ஒளிமானியின் மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்க எடுத்த அளவுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. நேர்க்கோட்டுப் பிழையைக் கணக்கிடவும்.

நிலை அளவு	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000

1. ஒரு சமதள பரப்பின் மேல் மூலைவிட்ட முறையில் பல கோடுகளில் எடுத்த அளவுகள் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அப்பரப்பின் தட்டைத் தன்மை பிழையைக் கணக்கிடவும்.

A-C	A-E	A-G	G-C	G-E	C-E	BF	H-D
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	+1	+2	+1	-1	+1	+3
-4	-1	+2	+4	-3	+2	+2	+7
-7	-2	-2	+5	-6	+5	-2	+9
-12	-4	-6	+6	-8	+5	-5	+9
-15	-8	-6	+4	-9	+3	-7	+6
-15	-12		+2	-11	+2		+9
-16	-17		0	-12			+10
	-21		-2				
	-24		0				

12

சில மறைமுக அளத்தல் முறைகள்

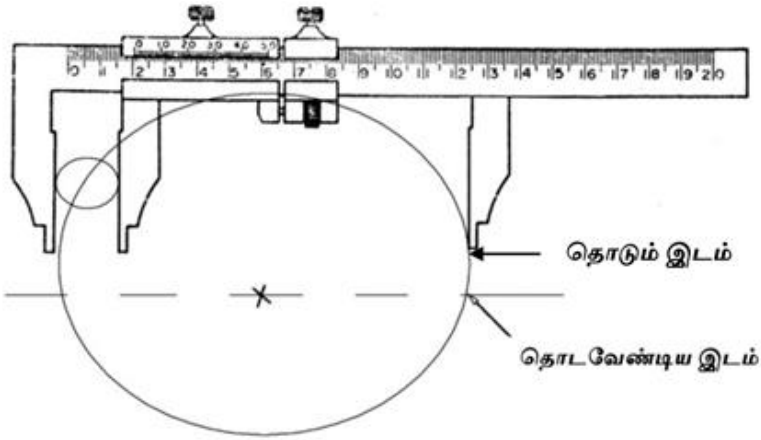
பாடம் **:12**

சில மறைமுக அளத்தல் முறைகள்

(SOME INDIRECT MEASUREMENTS)

12.1 முன்னுரை

அளத்தல் என்பதை இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று நேரடியாக அளத்தல், மற்றொன்று மறைமுகமாக அளத்தல், ஒரு வட்டமான உருளையின் விட்டத்தை ஒரு வெர்னியர் அளவி அல்லது நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளந்து விடலாம். இதேபோல் ஒரு தட்டின் தடிமனையும், ஒரு பொருளின் உயரத்தையும், அகலத்தையும், நீளத்தையும், கோணத்தையும் நேரடியாக அளக்க முடியும். அதற்குத் தேவையான அளக்கும் கருவிகள் பல உள்ளன. ஆனால் இக்கருவிகளைக் கொண்டு ஒரு அளவுக்குத்தான் அளக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு வெர்னியர் அளவியின் வீச்சு (Range) பொதுவாக 300 மி.மீ. ஆகும். அதற்கு மேல் நீளமோ, விட்டமோ உள்ள பொருட்களை இதன் மூலம் அளக்க முடியாது. அதற்கு தனியாக வடிவமைக்கப்பட்ட சிறப்பு வெர்னியர் அளவிகள் தேவைப்படும். மேலும், 300 மி.மீட்டர் விட்டமுள்ள உருளையை, அல்லது குழாயை அதன் ஒரு முனையில்தான், குறுக்காக விட்டத்தை அளக்க முடியும். நடுவில் அளக்க முடியாது. ஏனென்றால், வெர்னியர் அளவியின் அளக்கும் தாடைகள் 50 மி.மீ. உயரத்துடன் தான் இருக்கும். அவற்றால் ஒரு உருளையின் விட்டப்புள்ளியை தொடமுடியாது. (படம் 12.1)



படம்-12.1 விட்டம் மிகுதியானால் ஏற்படும்

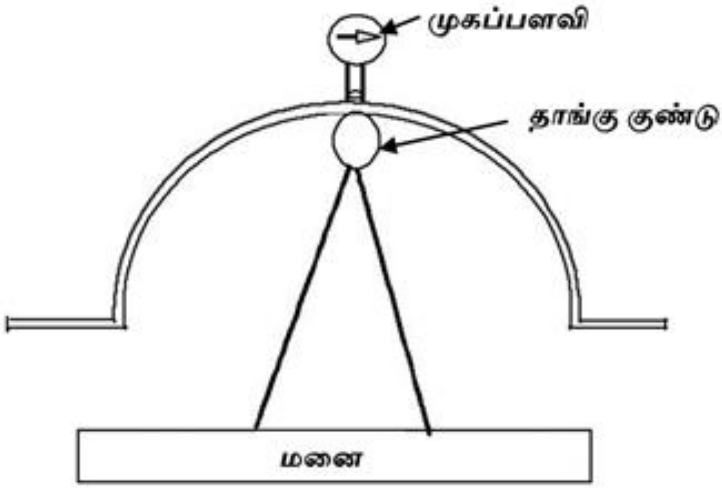
பொருட்களின் விட்டம் சிறியதாக இருந்தால் அளக்கும் தாடைகள் பொருளைச் சரியாகத் தொட்டு துல்லியமாக பிழையில்லாமல் அளக்க முடியும். ஆனால் பொருளின் அளவு பெரிதானால் தாடைகள் சரியான இடத்தில் பொருளை தொடாது. எனவே அளப்பது சரியாக இருக்காது.

ஆனால் உலக உருண்டையின் விட்டத்தை எந்த கருவியினால் அளக்க முடியும்? நிலாவுக்கும் பூமிக்கும் உள்ள தூரத்தை நேரடியாக எப்படி அளக்க முடியும்?

மிகப் பெரிய பொருட்கள் என்று மட்டுமல்ல, மிகச்சிறிய பொருட்களின் அளவுகளையும் நேரடியாக அளப்பது கடினம். 1மி.மீ. விட்டமேயுள்ள துளையின் விட்டத்தை எப்படி அளப்பது?

படம்-12.2 அரை உருண்டை கிண்ணம்

மேலும் ஒரு வட்டமான உருளையின் முழு வடிவமும் கிடைத்தால், விட்டத்தை நேரடியாக அளக்கலாம். ஆனால் அதன் ஒரு பகுதி மட்டுமே இருந்தால் அதன் ஆரத்தையும், விட்டத்தையும் அளப்பது எப்படி?



படம்-12.3 அரை உருண்டைக் கிண்ணத்தை அளக்கும் கருவி

ஆகவே நேரடியாக பொருட்களின் அளவுகளை அளக்க முடியாத போது, சில மறைமுக முறைகளைக் கையாண்டு அந்த அளவுகள் கணிக்கப்படுகின்றன. அப்படி கணிக்கப்படும் முறைகள் சிலவற்றை இங்கே காணலாம். இதற்கெல்லாம் அடிப்படையாக வடிவக் கணிதத்தின் கோட்பாடுகள் பல பயன்படுகின்றன.

புதிது புதிதாக பொருட்கள் உருவாகிக் கொண்டிருக்கும்

இவ்வேளையில், அவற்றை அளந்து சரிபார்க்கும் முறைகளும் அதற்கேற்ப மாறுபடும். அத்தகைய புதிய முறைகளை உருவாக்க இந்த அடிப்படைகள் பயன்படலாம். புதிய பொருட்களைப் படைக்கும் பொறியாளர்களுக்கும், ஆராய்ச்சி மாணவர்களுக்கும் இதன் தேவை மிக இன்றியமையாதது ஆகும். ஏனென்றால் சில நேரங்களில் சில பொருட்களின் அளவுகளை எடுப்பது எளிதுபோல் தோன்றும். ஆனால் உண்மையில் அவை எவ்வளவு கடினம் என்பது அளக்கும் போதுதான் புரியும். எடுத்துக்காட்டாக படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள தொப்பி போன்ற ஒரு அரை உருண்டை கிண்ணத்தின் அளவுகளையும், தடிமன் வேறுபாட்டையும் எப்படி அளப்பது?

விளிம்புடைய உருண்டையான கிண்ணத்தின் தடிமனை ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு விளிம்பிலும், கழுத்திலும் அளக்க முடியும். ஆனால் அதற்குமேல் அளக்க முற்படும்போது விளிம்பு, நுண்ணளவியில் இடிக்கும்; மேலே நகர்த்த முடியாது.

ஆகவே இதற்கெனத் தனியாக ஒரு கருவியை உருவாக்க வேண்டும். அப்படி உருவாக்கும் கருவியும் பிழைகள் இல்லாமல் அளக்கக் கூடியதாய் இருக்க வேண்டும். அத்தகைய ஒரு கருவி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

ஒரு இரும்பு மனையின் சாய்வாக இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தாங்கு தண்டின் முனையில் ஒரு குழல் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அக்குழலில் ஒரு ஆரத்தண்டு உள்ளது. இத்தண்டினை மேலும் கீழும் நகர்த்தி இறுக்கமாக பிடித்துக் கொள்ள ஒரு மரையாணி துல்லியமான விட்டமுள்ள ஒரு குண்டு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அந்த குண்டுக்கு நேர் மேலாக ஒரு முகப்பு அளவி அதன் தாங்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

முதலில் முகப்பு அளவியின் அளக்கும் முனையை ஆரத்தண்டின் முனையில் உள்ள குண்டின் மேல் சரியாக இருக்கும்போது பிடித்து, முகப்பு அளவியின் முகப்பை திருப்பி 0-அளவு இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும். பின்னர் கிண்ணத்தை ஆரத்தண்டின் மேல் வைத்து எந்த இடத்தில் வேண்டுமானாலும் அளவு எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

கிண்ணத்தை விளிம்பிலிருந்து மையத்திற்கு திருப்பும்போது, எங்கும் இடிபடாது. ஆனால் இங்கு கால் வட்டம் வரை தான் ஒரு முனையில் அளக்க முடியும். அடுத்த கால் வட்டத்தை மறுமுனையிலிருந்து மீண்டும் அளக்க வேண்டும். கிண்ணத்தின் விட்டத்திற்கு ஏற்ப ஆரத்தண்டின் உயரத்தை சரி செய்து கொள்ளலாம்.

இதே கருவியைக் கொண்டு ஒரு ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் பொறியில் (Co-ordinate measuring machine) தடிமன் வேறுபாட்டை அளக்க முடியும்.

கிண்ணத்தின் எடையினால் அது அளக்கும் முனையைத் தூக்கிவிடும் வாய்ப்பு இதில் உள்ளது. எனவே அப்படி நேராமல் எச்சரிக்கையுடன் அளக்க வேண்டியது அளப்பவரின் திறமையாகும்.

12.2 வட்டக்காடியின் விட்டத்தைக் காணல்

ஒரு வட்டமான குழி அல்லது குமிழ் ஆகியவற்றின் விட்டத்தை கணக்கிட வடிவக் கணக்கியல் அடிப்படையை நினைவு கொள்ளவேண்டும்.

படம் 12.4.1-ல்

$AB = h$ = நாண் உயரம்

$AC = {}^{l}/_{2}$ = நாண் நீளத்தில் பாதி

$OC =$ ஆரம் $= R$

இப்பொழுது OAC என்ற முக்கோணத்தில்

$$R^2 = OA^2 + AC^2$$

$$OA = OB - h$$

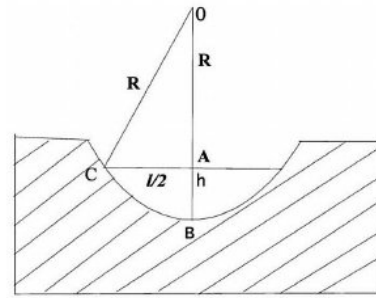
$$= (R - h)$$

$$\therefore \quad R^2 = (R-h)^2 + (\tfrac{l}{2})^2$$

$$R^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + \tfrac{l^2}{4}$$

$$2Rh = h^2 + \tfrac{l^2}{4}$$

$$\therefore \quad R = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$$



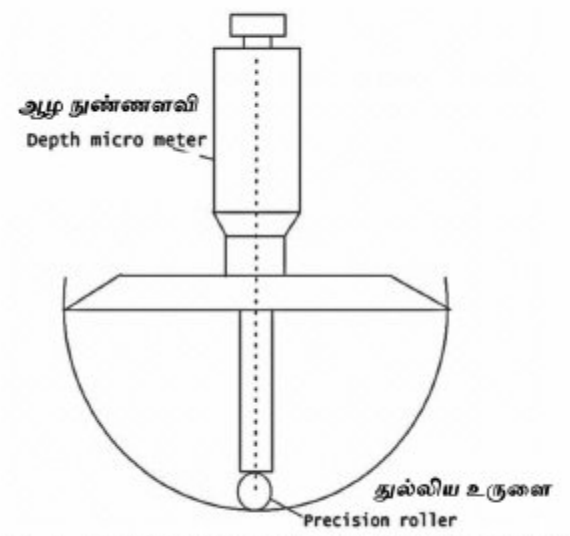
படம்-12.4.1 விட்டம் அளக்கும் அடிப்படை

எனவே h அளவும், l அளவும் தெரிந்தால் ஆரத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

ஒரு ஆழம் அளக்கும் நுண்ணளவியை (Depth micrometer) படத்தில் காட்டியுள்ளபடி வைத்தால், அதன் அடிப்பகுதி வட்ட காடியின் இருமருங்கும் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். இதன் இடைப்பட்ட தூரம் l எனக் கொள்வோம். பின்னர் நுண்ணளவியைக் கொண்டு காடியின் அடிப்பகுதியின் ஆழத்தை அளந்து விடலாம். இதனை h- எனக் கொள்வோம்.

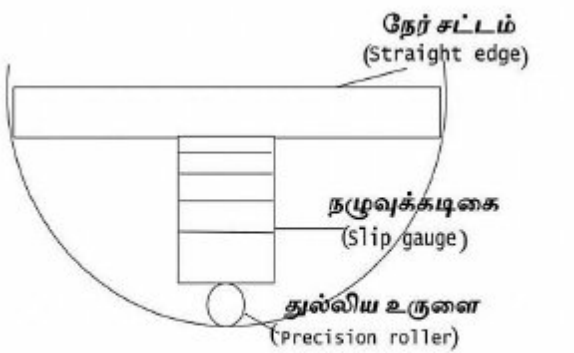
எனவே R = $\frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$ என்ற சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி வட்டக் காடியின் விட்டத்தை கணக்கிட்டு விடலாம்.

ஆழ நுண்ணளவியின் அடிப்பகுதிகள் தேய்ந்து முனை மழுங்கியிருந்தால், அதன் அடியில் நழுவுக் கடிகைகளைப் பயன்படுத்தி அளந்து விடலாம்.



படம்-12.4.2 நுண்ணளவியால் விட்டம் அளத்தல்

வட்டக் காடியின் விட்டத்தை துல்லியமான இரும்புக் குண்டையும், நழுவுக் கடிகை (Slip gauges) இரும்புச் சட்டம் ஆகியவற்றை பயன்படுத்தியும் அளக்கலாம்.



படம்-12.5 நேர்சட்டத்தால் விட்டம் அளத்தல்

இரும்புச் சட்டத்தின் நீளவும் l எனவும், நழுவுக் கடிகை அளவும், இரும்புக் குண்டின் விட்டமும், h எனக்

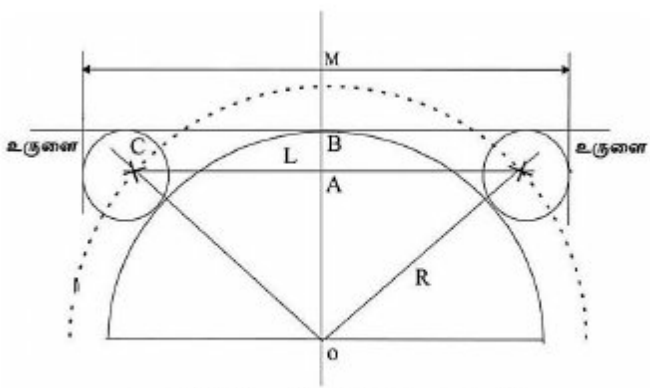
கொண்டால்,

$$R = \frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

என்ற சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி காடியின் விட்டத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

12.3 வட்டக் குமிழிகளின்/ குண்டுகளின் விட்டத்தை அளத்தல்

வட்டக் காடிகளின் விட்டத்தை அளக்கப் பயன்பட்ட அதே கணக்கியல் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி வட்டக் குமிழிகளின் விட்டத்தையும் அளக்கலாம். ஆனால் இங்கு l என்ற நாணின் (Chord) நீளத்தை ஒரு ஆழ நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளக்க இயலாது. இதற்கு வேறுபட்ட முறை பயன்படுகிறது.



படம்-12.6 குமிழ்விட்டம் அளத்தல்

படத்தில் காட்டியுள்ளபடி ஒரு இரும்புச் சட்டத்தை வட்டக் குமிழின் மேல் வைத்து இரண்டு பக்கமும் சமதூரத்தில்

இரண்டு துல்லிய இரும்புக் குண்டுகளை குமிழும்,

சட்டமும் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறும் வைத்து அதன் இடைப்பட்ட தூரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை M என்று கொள்ளலாம். இரும்புக் குண்டின் விட்டம் d எனக் கொள்வோம்.

Δ OACயில்

$$OC^2 = OA^2 + AC^2$$

$$OC = R + d/2$$

$$AC = L = \frac{(M-d)}{2}, \qquad OA = \left(R - \frac{d}{2}\right)$$

$$(R+d/2)^2 = (R-d/2)^2 + \left(\frac{M-D}{2}\right)^2$$

$$Rd = \frac{(M-d)^2}{4} - Rd$$

$$2Rd = ¼\,(M-d)^2$$

$$\boxed{R = \frac{(M-d)^2}{8d}}$$

எனவே இந்த சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி குமிழின் விட்டத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

இதையே இன்னொரு வகையிலும் பார்க்கலாம். இரண்டு இரும்புக் குண்டுகளின் மையங்களைத் தொட்டுக் கொண்டு ஒரு வட்டம் செல்வதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது மையங்களுக்கு இடையிலான நாண் அளவு C என்பது (M-d) ஆகும்.

h என்பது (d/2 + d/2) = d ஆகும்.

எனவே

$$R = \left(\frac{C^2}{8h} + \frac{h}{2}\right)$$

$$= \frac{(M-d)^2}{8d} + \frac{d}{2}$$

$$= \frac{X(M-d)^2}{8d} + \frac{d}{2}$$

ஆனால் உண்மையான குமிழின் ஆரம் d/2 அளவு குறைவாகும்.

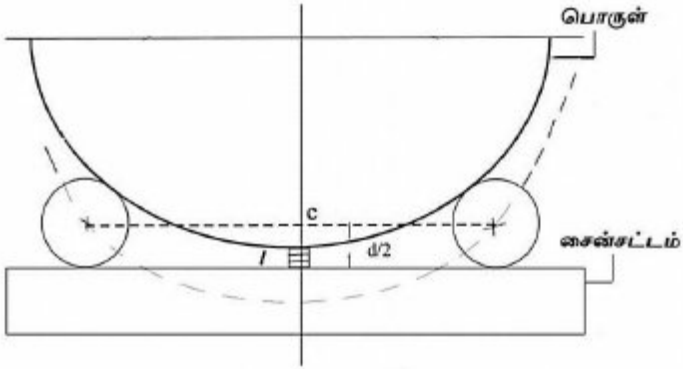
$$R = \frac{1}{8d}(L-d)^2 \frac{d}{2} - \frac{d}{2}$$

$$= \frac{1}{8d}(M-d)^2$$

குமிழியை ஒரு இரும்புப் பலகையின் (Surface plate) மேல் வைத்தும் விட்டத்தை அளக்கலாம்.

குமிழின் விட்டத்தை அளப்பதற்கு இரும்புச் சட்டத்தையும், இரும்பு குண்டுகள் அல்லது உருளைகளையும் பயன்படுத்தும் போது அவற்றை சரியாக பிடித்துக் கொண்டிருப்பது சற்று கடினமாகும். எனவே சட்டமும் இரும்பு உருளைகளும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கருவியிருந்தால் இந்த பணி எளிதில் முடிந்து விடும்.

ஏற்கெனவே கோணத்தையும் சாய்மானத்தையும் அளக்கப் பயன்படும் சைன் சட்டம் (Sine bar) இதே அமைப்பில் தான் உள்ளது.



படம்-12.7 சைன்சட்டம் மூலம் விட்டம் அளத்தல்

இந்த குமிழியை அப்படியே தூக்கி சைன்சட்டத்தின் மேல் வைத்து விடலாம். ஆனால் அங்கு குமிழியின் அடிப்பாகம் சட்டத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்காது. அத்தகைய நேரங்களில், சட்டத்தின் அடிப்பகுதிக்கும், குமிழின் உச்சிக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை மட்டும் அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை M என்று கொள்ளலாம்.

அப்பொழுது h = $\frac{d}{2} + M$

l = இரண்டு உருளைக் கிடையிலான தூரம் (இது 100 மி.மீ., 150 மி.மீ, 200 மி.மீ என்ற குறிப்பிட்ட அளவாக கருவியில் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.)

d = என்பது உருளையின் விட்டம் (இதுவும் தெரிந்த அளவாகும்)

எனவே R = $\frac{l^2}{8\left(\frac{d}{2}+M\right)} + \frac{\frac{d}{2}+M}{2} - \frac{d}{2}$

என்ற சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி விட்டத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

மிகப்பெரிய சக்கரங்களின் விட்டத்தையும், காடிகளின்

விட்டத்தையும் மேற்குறிப்பிட்ட முறைகளைக் கையாண்டு கணக்கிட்டு விட முடியும். இந்த முறைகளைக் கையாண்டு கோளங்களின் விட்டத்தையும் கணக்கிட்டு விடலாம். வட்ட பொருட்களுக்கு உருளைகளையும். கோள வடிவங்களுக்கு இரும்புக் குண்டுகளையும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

வட்ட காடிகளும், குமிழிகளும் மிகச் சிறியதாக இருந்தால் அவற்றின் விட்டங்களை அளப்பது எப்படி? இவை 1 மி.மீ, 2 மி.மீ விட்டத்துடன் இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, கடைசல் பொறியில் பயன்படும் உளியின் கூர்முனை, 1, 2 மி.மீ விட்டத்துடன் இருக்கும். இந்த முனைதான் பொருட்களின் பரப்புச் சீர்மையை பெரிதும் பாதிக்கும். எனவே இதன் விட்டத்தை அளந்து கட்டுப்படுத்துவது இன்றியமையாத ஒன்றாகும்.

இதைப் போலவே ஒரு பந்துமுனைப் பேனாவின் (Ball point pen) முனையில் ஒரு சிறிய இரும்புக் குண்டு உள்ளது. அதனால்தான் அதற்கு அப்பெயர் ஏற்பட்டது. இந்த பந்துதான் சுழன்று உள்ளிருக்கும் மையை தடவி எடுத்துவந்து தாளின் மேல் பதிக்கிறது. இந்த பந்தின் அளவு சற்று சிறியதாகவோ, பெரியதாகவோ இருந்தால், சரியாக எழுத வராது. ஆகவே இதன் அளவை அளந்து கண்காணிப்பதும் இன்றியமையாத ஒன்றாகும். பந்தின் விட்டத்தை எப்படி அளப்பது? வெளியே இருந்தால் அளப்பது எளிது. ஆனால் உள்ளே அல்லவா பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சிறிய முனை மட்டும் தானே வெளியே தெரிகிறது.

இத்தகைய சிறிய பொருட்களின் விட்டங்களை அளக்க மேற்கூறிய கணக்கியல் அடிப்படையே பயன்படுகிறது. ஆனால் சிறிய வட்டப் பகுதிகளை பல மடங்காகப் பெரிதுபடுத்த வேண்டும்.

வடிவப் பெருக்கி (Profile Projector), கருவியாளர் நுண்ணோக்கி (Tool maker's microscope) போன்ற கருவிகளைப் பயன்படுத்தி 10 முதல் 200 மடங்கு வரை வடிவத்தை பெருக்கி கொள்ளலாம். திரையில் தோன்றும் பெரிதுபடுத்தப்பட்ட நிழல்வடிவங்களை பதி எடுத்து விட்டங்களை எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம்.

12.4 குழாய்களின் உள்விட்டத்தை அளத்தல்

பொதுவாக புழக்கத்தில் இருக்கும் நீளம் அளக்கும் நுண்ணளவி (Microscope), வெர்னியர் அளவி (Vernier caliper) போன்ற கருவிகள் 200 முதல் 300 மி.மீ. வரைதான் அளக்கும் வகையில் வடிவமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற்குமேல் 500 மி.மீ வரை உள்ள அளவுகளுக்கு சிறப்புக் கருவிகள் உண்டு. ஆனால் 1 மீட்டருக்கு மேல் உள்ள அளவுகளை மறைமுக கணக்கீட்டு முறையில்தான் அளக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக பெரிய விட்டம் கொண்ட குழாய்களின் உள் விட்டத்தை சரியாக அளப்பது எப்படி?

இதற்குத் தேவைப்படும் அடிப்படை கணக்கியல் தத்துவத்தை கீழே உள்ள படம் விளக்குகிறது.

ஒரு நீண்ட கழி போன்றுள்ள நீளக் கோல் இரண்டு பக்கத்திலும் துல்லிய இரும்புக் குண்டுகள் பொருத்தப்பட்ருக்கும். வெவ்வேறு நீளங்களில் கிடைக்கும் இந்த நீளக் கோல் நம் தேவைக்கேற்ப தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். நாம் அளக்க வேண்டிய குழாயின் விட்டத்துக்கு சரியான நீளக் கோல் இருந்துவிட்டால், அதை நேரடியாகப் பொருத்திப் பார்த்து அளந்துவிடலாம். சிக்கல் ஏதும் இருக்காது. ஆனால் அப்படி ஒரு நீளக்கோல் கிடைப்பது அரிது.

அப்பொழுது அளக்க வேண்டிய விட்டத்தை விட சற்று குறைவான நீளமுள்ள நீளக் கோலைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். அதன் நீளம் ‘L’ எனக் கொள்வோம். அதன் ஒரு முனையைக் குழாயின் கீழ் பாகத்தில் வைத்து, மேல் முனையை குழாயின் சுவரில் இடப்பக்கம் தொடுமாறு முதலில் வைக்க வேண்டும். பிறகு அதே முனை வலப்பக்க சுவரில் தொடுமாறு வைக்க வேண்டும். மேல்முனை இடப்பக்க சுவரிலிருந்து, வலப்பக்கச் சுவரில் தொடும் இடத்துக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை எளிதில் அளந்துவிட முடியும். அந்த தொலைவு 2 l எனக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது, குறுக்கிடும் நாண்களின் இயல்புபடி (படம்)

$AB \times BC = BD \times BE$

ஆனால், $BD = BE = l$

ஆதலால், $AB \times BC = l \times l = l^2$

பிதாகொரஸ் தேற்றத்தின்படி Δ BCD என்ற செங்குத்து முக்கோணத்தில்,

$$BC^2 + l^2 = L^2$$

$$BC = \sqrt{L^2 - l^2}$$

ஆதலால், $$AB = \frac{l^2}{BC} = \frac{l^2}{\sqrt{L^2 - l^2}}$$

குழியின் விட்டம் $= AB + BC$

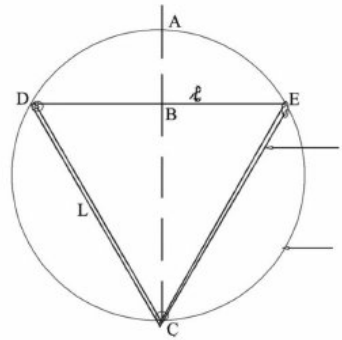
$$= \frac{l^2}{\sqrt{L^2 - l^2}} + \sqrt{L^2 - l^2}$$

$$= \frac{L^2}{\sqrt{L^2 - l^2}}$$

$$= L\left(1 + \frac{l^2}{L^2}\right)^{-1/2}$$

பைனாமியல் தோற்றத்தின் படி, தோராயமாக,

$$D = L\left(1 + \frac{l^2}{2L^2}\right)$$



படம்-12.8 குழாய்களின் விட்டம் அளத்தல்

l என்பது L என்பதோடு ஒப்பிட்டு பார்க்கையில் சிறியதாக இருப்பதால், இந்த தோராயம் ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடிய ஒன்றாகும்.

எனவே, $D = \left(L + \frac{l^2}{2L}\right)$

இந்த சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி குழாயின் உள் விட்டத்தை துல்லியமாக அளந்து விடலாம்.

12.5 இரும்பு குண்டுகளைக் கொண்டு உள்விட்டங்களை அளத்தல்

குழாய்களின் உள் விட்டங்களை, வழக்கிலுள்ள கருவிகளைக் கொண்டு அளக்க முடியாத போது இரும்புக் குண்டுகளைப் பயன்படுத்தி அளந்து

விடலாம்.

ஒரு இரும்புப் பலகையின் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள குழாயின் உள்ளே, இரண்டு வேறுவேறு அளவுள்ள இரும்புக் குண்டுகளை படத்தில் காட்டியுள்ளபடி போட்டால், அவை இரண்டு எதிர் சுவாக்களைத் தொடக் கொண்டு இருக்கும். சிறிய குண்டின் விட்டம் d_2 என்றும், பெரிய குண்டின் விட்டம் d_1 என்று கொள்வோம்.

இந்நிலையில் இரும்புப் பலகையின் மேலிருந்து சிறிய குண்டின் உயரமும், குழாயின் உயரமும் முகப்பு மானியைக் கொண்டு (dial gauge) அவற்றை முறையே h என்றும், H என்றும் கொள்வோம்.

குழாயின் விட்டம் = $BO_1 + O_1A + O_2C$

$BO_1 = \frac{d_2}{2}$

$O_2C = \frac{d_1}{2}$

$AO_1^2 = O_1O_2^2 - AO_2^2$

$O_1O_2 = \frac{d_2}{2} + \frac{d_1}{2}$

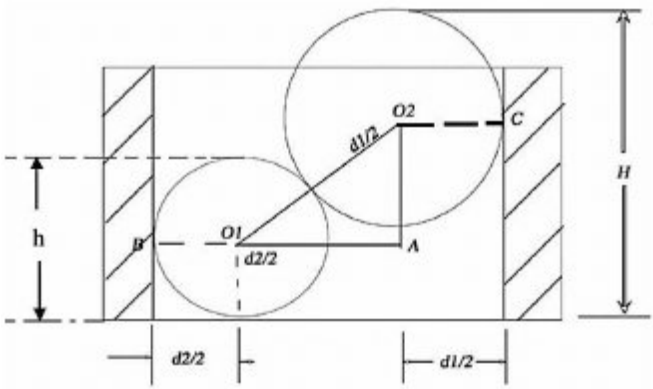
$AO_1^2 = H - (\frac{d1}{2} + \frac{d_2}{2})$

$$AO_1^2 = \left(\frac{d_2+d_1}{2}\right)^2 - \left\{H - \left(\frac{d_2+d_1}{2}\right)\right\}^2$$

$$AO_1^2 = -H^2 + (d_1+d_2)H$$

$$AO_1 = \sqrt{(d_1+d_2)H - H^2}$$

குழாயின் விட்டம் $= \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} + \sqrt{H(d_1+d_2) - H^2}$



படம்-12.9 இரண்டு குண்டுகளைக் கொண்டு விட்டம் அளத்தல்

ஆகவே இந்த சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி குழாயின் உள்விட்டத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம். இத்தகைய குழாய்களின் உள்விட்டங்கள் ஒரே அளவுள்ள மூன்று சிறிய குண்டுகளையும் ஒரு பெரிய குண்டையும் பயன்படுத்தியும் கணக்கிடலாம். இதற்கு சிறிய குண்டுகளின் விட்டம் குழாயின் ஆரத்திற்கு குறைவாகவும், பெரிய குண்டின் விட்டம் குழாயின் விட்டத்தில் முக்கால் பங்குக்கும் குறைவாகவும் இருக்கும்படி தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

முதலில் சிறிய குண்டுகளை, இரும்புப்பலகையின் மேல் வைக்கப்பட்டுள்ள குழாயில் உள்ளே போட வேண்டும். அவற்றின் மேல் பெரிய குண்டை வைக்க வேண்டும். இந்நிலையில் சிறிய குண்டுகள் சமதூரத்தில் தானாகவே சரிசெய்து கொண்டு பெரிய குண்டைத் தாங்கிக் கொண்டிருப்பதால், அதன் மையம், குழாயின் மையத்தோடு சேர்ந்திருக்கும் என்று நம்பப்படுகிறது.

இந்நிலையில், குழாயின் விட்டம் = d+2AC

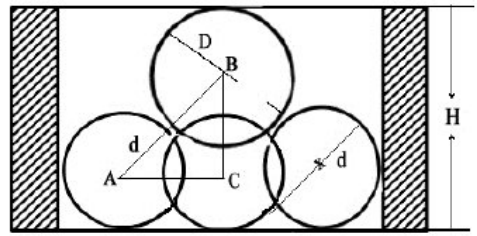
$AC^2 = AB^2 - BC^2$

$= \left(\frac{D+d^2}{2}\right) - \left(H - \frac{D+d}{2}\right)^2$

$AC = \sqrt{H(D+d) - H^2}$

குழாயின் விட்டம் =

$d + 2\sqrt{H(D+d) - H^2}$



படம்-12.10 நான்கு குண்டுகளைக் கொண்டு விட்டம் அளத்தல்

குழாய்களின் விட்டத்தை துல்லியமான இரும்புத் குண்டுகளையும், நழுவுக் கடிகைகளையும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போல் பயன்படுத்தி கணக்கிட்டு விடலாம்.

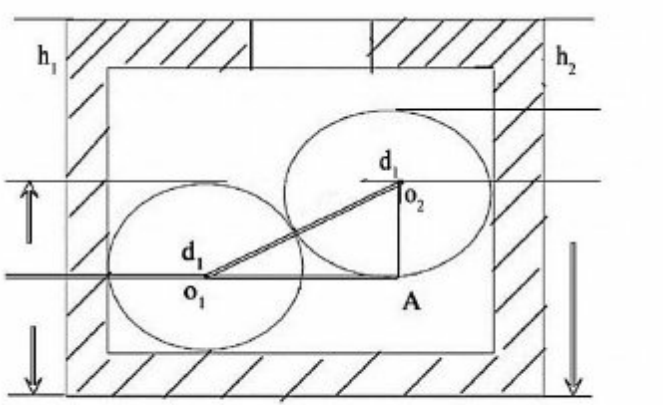
விட்டம் = $d_1 + S + d_2 = 2d + S$

$D = S + d_1 + d_2$

$= S + 2d$

12.6 குறுகிய வாயுள்ள துளைகளின் விட்டத்தை அளத்தல்

குறுகிய வாயுள்ள குடுவைகளின் விட்டத்தை அளக்க, துளையினுள் இரண்டு இரும்பு குண்டுகளை இடவேண்டும். இரண்டு குண்டுகளின் விட்டமும் வாயகலத்தைவிட சற்று சிறியதாக இருக்க வேண்டும். பின் அவற்றின் உயரங்களை அளந்து கொள்ள வேண்டும். அவை முறையே h_1, h_2 எனக் கொள்வோம்.



படம்-12.12 குறுகிய வாயுள்ள குடுவைகளின் விட்டம் அளத்தல்

இந்நிலையில், துளையில் விட்டம்

$$D = \frac{d_2+d_1}{2} + O1A$$

$$A O_1^2 = O_1O_2^2 - AO_2^2$$

$$O_1O_2 = \frac{d_2+d_1}{2}$$

$$AO_2 = (h_1 + \frac{d_1}{2}) - (h_2 + \frac{d_2}{2})$$

$$\therefore A O_1^2 = (\frac{d1+d2}{2})^2 - (h_1+\frac{d_1}{2} - h_2 - \frac{d_2}{2})^2$$

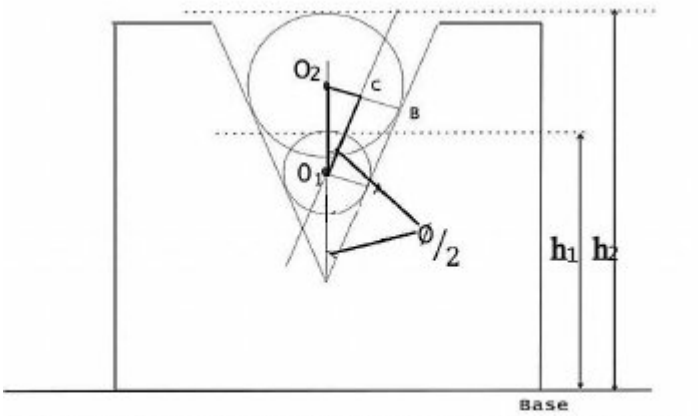
$$\text{ic } AO_1 = \sqrt{\left(\frac{d1+d2}{2}\right)^2 - \left(h_1 + \frac{d_1}{2} - h_2 - \frac{d_2}{2}\right)^2}$$

ஆகவே துளையின் விட்டம் $= \frac{d_2+d_1}{2} + AO_1$

$$= \frac{d1+d2}{2} + \sqrt{\left(\frac{d1+d2}{2}\right)^2 - \left(h_1 + \frac{d_1}{2} - h_2 - \frac{d_2}{2}\right)^2}$$

12.7 கூம்பு துளைகளின் கோணத்தையும், சிறிய பெரிய வாய்களின் விட்டங்களையும் அளத்தல்

கூம்பியிருக்கும் துளைகளின் சாய்வுக் கோணத்தையும், சிறிய மற்றும் பெரிய வாய்களின் விட்டத்தையும் காண துல்லியமான இரும்புக் குண்டுகளும், ஆழ நுண்ணளவியும் பயன்படு கின்றன. படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல் முதலில் ஒரு d_2 விட்டமுள்ள சிறிய குண்டை துளையினுள் இட்டு, அதன் மேற்பக்க உயரத்தை நுண்ணளவியால் அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை h_1 என்போம். பின்னர் d_1 விட்டமுள்ள சற்று பெரிய குண்டை துளையினுள் இட்டு அதன் உயரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை h_2 என்போம்.



படம்-12.13.1 கூம்புதுளைகளின் கோணத்தை அளத்தல் அடிப்படை

$CO_1\ O_2$ என்ற முக்கோணத்தில்,

$$CO_2 = \left(\frac{d_1 - d_2}{2}\right)$$

$$O_1\ O_2 = h_2 - h_1 - \left(\frac{d_1 - d_2}{2}\right)$$

$$\sin \frac{\emptyset}{2} = \frac{CO_2}{O_1\ O_2}$$

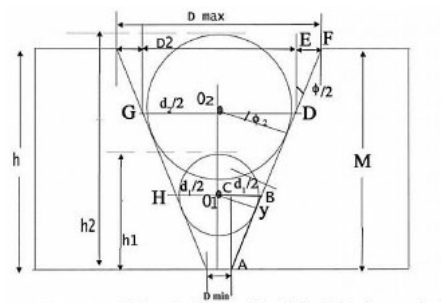
$$= \frac{\frac{d_1 - d_2}{2}}{h_2 - h_1 - \left(\frac{d_1 - d_2}{2}\right)}$$

இந்த அரைக் கோணத்தைக் கணக்கிட்டு முடித்ததும், குண்டுகளின் மையத் தளத்தில் (Planes of centers) சாய்துளைகளின் விட்டத்தைக் கண்டறியலாம்.

பெரிய குண்டின் மையதளத்தில் விட்டம் = $d_1 \sec \emptyset/2$
சிறிய குண்டின் மையதளத்தில் விட்டம் = $d_2 \sec \emptyset/2$

படம் 12.13.2-ல்
ABC என்ற முக்கோணத்தில்

$Dmin = 2(BO_1 - BC)$
$BO_1 = \frac{d_1}{2} \sec \frac{\emptyset}{2}$
$BC = AC \tan \frac{\emptyset}{2}$
$AC = (h_1 - \frac{d_1}{2})$
∴ $BC = (h_1 - \frac{d_1}{2}) \tan \frac{\emptyset}{2}$



படம்-12.13.2 சிறிய பெரிய வாய்களின் விட்டம் அளத்தல்

∴ $Dmin = 2[\frac{d_1}{2} sec \frac{\emptyset}{2} - \left(h_1 - \frac{d_1}{2}\right) tan \frac{\emptyset}{2}]$
$= d_1 sec \frac{\emptyset}{2} - (2h_1 - d_1) \tan \frac{\emptyset}{2}$

DEF என்ற முக்கோணத்தில்

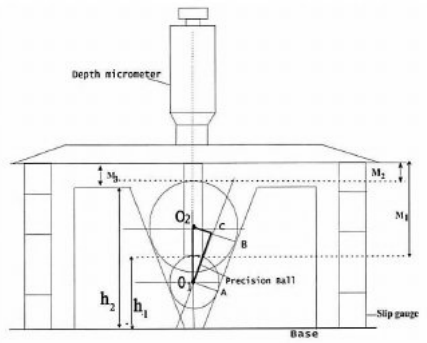
$$D_{max} = 2(DO_2 + EF)$$

$$DO_2 = \frac{d_2}{2}\sec\frac{\emptyset}{2}$$

$$EF = DE\tan\frac{\emptyset}{2}$$

$$DE = M - (h_2 - \frac{d_2}{2})$$

$$\therefore \quad EF = [M - (h_2 - \frac{d_2}{2})\tan\frac{\emptyset}{2}$$



படம்-12.13.3 அளக்கும் முறை

$$\therefore \quad D_{max} = \left[d_2 sec\frac{\emptyset}{2} - 2[M - h_2 - \frac{d_2}{2})]\,tan\frac{\emptyset}{2}\right]$$

இந்த முறையில் குண்டுகளை துளையில் போடும் போதும், ஆழ நுண்ணளவியைக் கொண்டு உயரங்களை அளக்கும்போது, குண்டு துளையில் சிக்கிக் கொள்ளாமல் பார்த்துக் கொள்வது மிகவும் அவசியமாகும்.

12.8 ஒரு பக்கம் மூடிய குவிந்த துளையின் சரிவினை அளத்தல்

இந்த முறையில் ஒரே விட்டமுள்ள இரும்புக் குண்டுகளையும், நழுவுக் கடிகைகளையும், ஒரு தாங்கியையும் பயன்படுத்தி குவிந்த துளையின் சரிவு அளக்கப்படுகிறது. இதற்கு முதலில் இரண்டு இரும்புக்குண்டுகளை துளையின் அடியில் சுவர்களைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து, அவற்றிற்கிடையே உள்ள தூரத்தை நழுவுக் கடிகைகளைப் பயன்படுத்தி அளந்து கொள்ள வேண்டும். அந்த தூரம் l_1 எனக் கொள்வோம்.

பின்னர் உயரமுள்ள ஒரு தாங்கியை துளையினுள் வைத்து, அதன் மேல் இரும்புக் குண்டுகளை முன்போலவே சுவரைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து, அவற்றிற்கு இடையே உள்ள தூரத்தை நழுவுக் கடிகைகளைக் கொண்டு அளந்து கொள்ள வேண்டும்.

அந்த தூரத்தை l_2 எனக் கொள்வோம்.

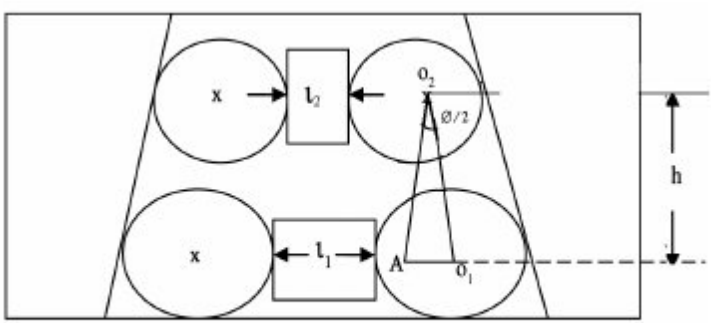
படத்தில் காட்டியுள்ளபடி, O_1 என்பது அடியில் உள்ள குண்டின் மையம், O_2 என்பது மேல் உள்ள குண்டின் மையம் AO_1O_2 என்ற முக்கோணத்தில் O_1O_2A என்ற கோணம் சாய்வுக் கோணத்தில் அரைப்பகுதியாகும்.

ஆகவே $\tan\frac{\emptyset}{2} = \frac{O_1A}{O_2A}$

$= \frac{\frac{(l_1-l_2)}{2}}{h}$

$\emptyset = 2\tan^{-1}\left\{\frac{(l_1-l_2)}{2h}\right\}$

இதிலிருந்து துளையின் சரிவுக் கோணத்தைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

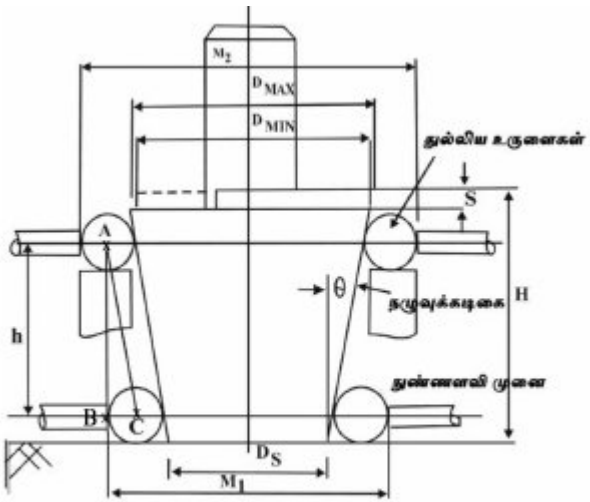


படம்-12.14 குறுகும் துளையின் விட்டம் அளத்தல்

இந்த முறையைப் பயன்படுத்துபோது h என்ற உயரம் அதிகமாகவும் குண்டுகளின் விட்டம் குறைவாகவும் இருக்க வேண்டும். அப்பொழுதுதான் அவை துளையின் சுவர்களைச் சரியாகத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். இதனால் இம்முறையைப் பயன்படுத்தி அளப்பதால் ஏற்படும் பிழையைக் குறைக்கலாம்.

12.9 கூம்புவடிவப் பொருளின் கோணத்தை அளத்தல்

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கூம்பு பொருட்களின் வெளிப்புற சரிவுக் கோணத்தை அளப்பதற்கும் முன் கூறிய அடிப்படை முறையே பயன்படுகிறது.



படம்-12.15.1 சரிவு அளத்தல்

ஒரே விட்டமுள்ள இரண்டு இரும்புத் தண்டுகளை முதலில் அடிப்பகுதியில் உள்ள கூம்புக் காடியில் சுவர்களைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து, அவற்றின் வெளிப்புற தூரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை M_1 எனக் கொள்வோம்.

பின்னர் h உயரமுள்ள இரண்டு நழுவுக் கடிகைகளை எடுத்துக் கொண்டு, அவற்றின் மேல் இரும்புத் தண்டுகளை வைத்து அவற்றின் தூரத்தையும் அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதை M_2 எனக் கொள்வோம்.

கீழுள்ள தண்டின் மையம் C என்றும் மேலுள்ள தண்டின் மையம் A என்றும் கொண்டால், ABC என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில், BAC என்ற கோணம் சரிவுக் கோணத்தில் அரைப் பகுதியாகும்.

ஆகவே,

$$\tan \emptyset/_2 = \frac{BC}{AB}$$

$$= \frac{\frac{M_2 - M_1}{2}}{h}$$

$$= \frac{(M_2 - M_1)}{2h}$$

$$\emptyset = 2\, tan^1\left(\frac{M_2 - M_1}{2h}\right)$$

12.9.1 பொருளின் அதிக, குறைந்த அளவுகளைக் கணக்கிடல்

$$\tan\emptyset = \frac{M_2 - M_1}{2h}$$

ஒரு அலகு உயரத்துக்கு, விட்டம் $2 \tan \emptyset$ அளவுக்கு மிகும்.

எனவே, $Dmax = D_s + 2H\ tan\emptyset$

$$Dmin = D_s + 2(H - s)tan\emptyset,$$

இங்கு, H = கடிகையின் உயரம்

S = படியின் உயரம்

12.9.2 பொருளின் சிறிய விட்டத்தை அளத்தல்

படம் **-12.15.2-**ன் படி

$$r = \frac{d}{2}$$

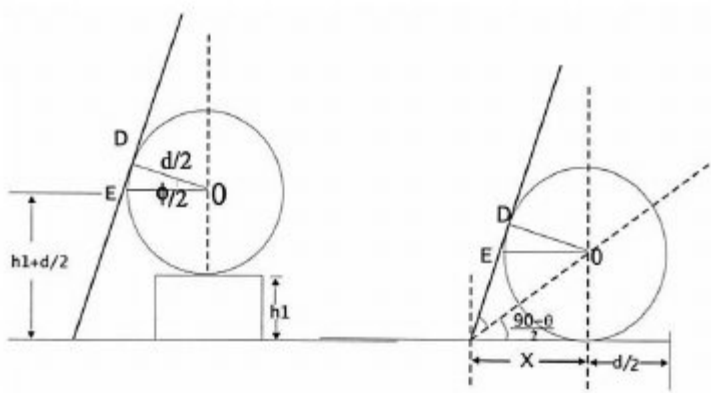
$$M_1 = D_s + 2r + 2x$$

$$\tan\left(\frac{90-\emptyset}{2}\right) = \frac{r}{x}$$

$$\therefore \quad x = r\cot\left(\frac{90-\emptyset}{2}\right)$$

$$M_1 = D_s + 2r\left[1 + \cot\left(\frac{90-\emptyset}{2}\right)\right]$$

$$\therefore \quad D_s = M - d\left[1 + \cot\left(\frac{90-\emptyset}{2}\right)\right]$$



படம்-12.15.2 சிறிய விட்டத்தை அளத்தல்

M_1, M_2, h என்ற அளவுகளை வைத்து கோணத்தைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். கோணத்தை அளந்த பிறகு சிறிய, பெரிய விட்டங்களின் அளவுகளையும் கணக்கிடலாம்.

12.10 V -வடிவக் காடியின் கோணத்தை அளத்தல்

V-வடிவக் காடியின் உள்கோணத்தை அளக்க ஒரு சிறிய இரும்புத் தண்டும், ஒரு பெரிய இரும்புத் தண்டும் பயன்படுகின்றன. V-காடியுள்ள பொருளை படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல் ஒரு இரும்புப் பலகை (Surface

plate) யின் மேல் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு சிறிய இரும்புத் தண்டினை காடியினுள் வைத்து அதன் மேற்புற உயரத்தை ஒரு முகப்புக் கடிகையின் மூலம் அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதன் உயரம் M_1 எனக் கொள்வோம். இதேபோல் பெரிய தண்டினையும் காடியில் வைத்து அதன் உயரத்தையும் அளந்து கொள்ள வேண்டும். அதன் உயரம் M_2 எனக் கொள்வோம்.

ஏற்கெனவே கூறியபடி, சாய்துளைகளின் கோணத்தை அளக்கும் அடிப்படையில், V காடியின் கோணத்தை,

$$\sin\frac{\emptyset}{2} = \frac{\frac{d_2 - d_1}{2}}{(h_2 - h_1) - \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)}$$

என்ற சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி கண்டு பிடிக்கலாம்.

இம்முறையில் வெர்னியர் உயர அளவியுடன் (Height gauge) முகப்புக் கடிகை (dial gauge) பயன்படுத்தியோ, அல்லது நழுவுக் கடிகைகளையும், முகப்புக் கடிகையையும் பயன்படுத்தியோ உயரத்தை எளிதில் அளந்து கொள்ளலாம்.

12.10.1 V – காடி மேற்புற வாயின் அகலத்தை அளத்தல்

வடிவக் கணக்குப்படி, படம்-13.16-ல் காட்டப்பட்டுள்ள V-காடியின் மேற்புற வாயின் அகலம், = 2 (OA + BC)

OAD என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில்

$\frac{\emptyset}{2}$ காடியின்அரைக்கோணம் என்று கொண்டால்,

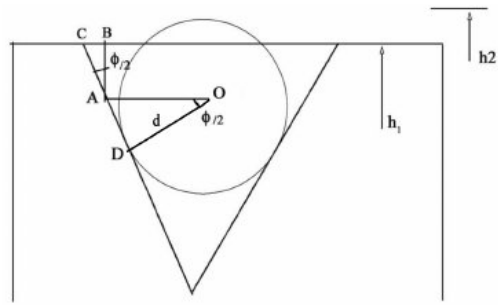
$\frac{OD}{OA} = cos\ \emptyset/2$

$\therefore$ OA = $\frac{OD}{Cos\emptyset/2}$

OD = d/2

$\therefore$ OA = $\frac{d/2}{Cos\emptyset/2}$

இதைப்போல் ABC என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில்,



படம்-12.16 V காடியின் வாய் அகலத்தை அளத்தல்

BAC என்ற கோணம் = Ø/2

$tan\frac{\emptyset}{2} = \frac{BC}{AB}$

BC = $AB\ \tan\emptyset/2$

AB = $\frac{d}{2} - (h_2 - h_1)$

h_1 என்பது V காடியுள்ள பொருளின் உயரம் ஆகும். h2 என்பது பெரிய குண்டின் மேல் எடுத்த அளவு ஆகும்.

ஆகவே BC = $\left\{\frac{d}{2} - (h_2 - h_1)\right\}\tan\theta/2$

இப்பொழுது, வாயின் அகலம் = 2 (OA + BC)

= $2\left[\frac{\frac{d}{2}}{Cos\emptyset/2} + \left\{\frac{d_2}{2} - (h_2 - h_1)\right\}\tan\emptyset/2\right]$

= $\frac{d}{\cos\emptyset/2} + d - 2(h_2 - h_1)\tan\emptyset/2$

V-காடியின் கோணத்தை அளக்கும் போது, V காடியிலுள்ள பொருளின் உயரத்தையும் அளந்துவிட்டால், அதன் வாய் அகலத்தையும்

கணக்கிட்டு விடலாம்.

இங்கு பெரிய தண்டின் மையம் V காடியின் மேற்புறத்துக்கு கீழே உள்ளது. இந்த மையம், மேலே இருந்தால், அகலத்தைக் கணக்கிடும் சூத்திரத்தில் சிறிய மாறுதல் செய்ய வேண்டி வரும்.

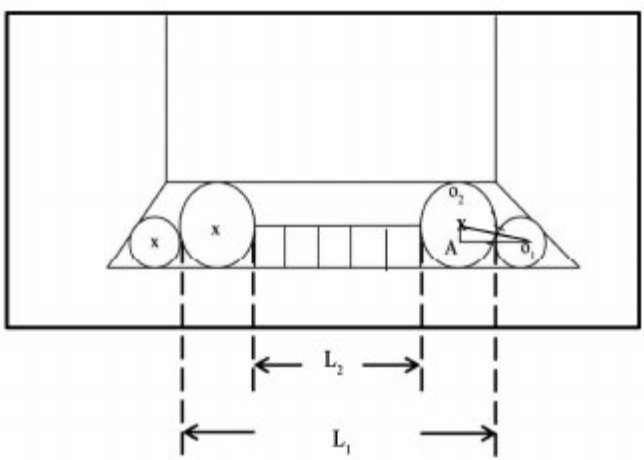
அதாவது, மையம் மேலே இருந்தால்

வாய் அகலம் =

$$\frac{d}{Cos\,\emptyset/2} - [2(h_1 - h_2) - d_2]tan\emptyset/2$$

இந்த அடிப்படை முறையைக் கையாண்டு எந்த ஒரு காடியின் உள் கோணத்தையும் அளந்து விடமுடியும்.

12.11 ஒரு வட்டக் காடியின் உள் சரிவுக் கோணத்தை அளத்தல்



படம்-12.17 உள்சரிவுக் கோணத்தை அளத்தல்

கீழ்பாகம் மூடிய துளையின் அடியில் வட்டமான ஒரு சாய்வுக்காடி ஒன்று உருவாக்கப்பட்டிருந்தால், அதன்

சரிவுக் கோணத்தைக் கண்டறிய இம்முறை பயன்படுகிறது. உயரத்தை அளப்பதற்கு பதிலாக இங்கு இரண்டு இரும்புக் குண்டுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் அளக்கப்படுகிறது என்பதே வேறுபாடு ஆகும்.

முதலில் படத்தில் காட்டியுள்ளதைப்போல் முதலில் வட்டக் காடியின் உட்புறம் d_1 விட்டமுள்ள இரண்டு சிறிய குண்டுகளை உள்ளே வைத்து அவற்றின் இடையே உள்ள தூரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும். அந்த தூரம் L_1 எனக் கொள்வோம். இதேபோல் d_2 விட்டமுள்ள இரண்டு பெரிய குண்டுகளை வைத்து அதற்கிடையேயுள்ள தூரத்தை அளக்க வேண்டும். அதை L_2 எனக் கொள்வோம்.

இப்பொழுது AO_1O_2 என்ற செங்கோண முக்கோணத்தில் AO_1O_2 என்ற கோணம் Ø/2 எனக் கொண்டால்,

$$\tan Ø/2 = \frac{AO_2}{AO_1}$$

இங்கு $$AO_2 = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

$$AO1 = \frac{(L_1 + d_1) - (L_2 + d_2)}{2}$$

ஆகவே, $$\tan Ø/2 = \frac{d_2 - d_1}{2} \Big/ \frac{L_1 + d_1 - (L_2 + d_2)}{2}$$

அல்லது $$\tan Ø/2 = \frac{d_2 - d_1}{(L_1 - L_2) + (d_1 - d_2)}$$

இதிலிருந்து Ø என்ற கோணத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

12.12 90^0 முதல் 180^0 விரி கோணமுள்ள பொருட்களின் கோணத்தை அளத்தல்

இம்முறையில் ஒரே விட்டமுள்ள மூன்று தண்டுகள்

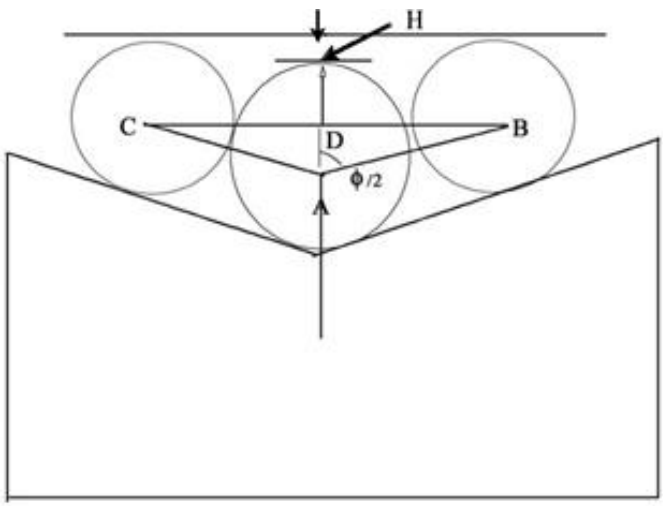
படத்தில் காட்டியுள்ளதைப் போல் வைத்து நடுவில் உள்ள தண்டின் உயரம் மற்ற இரு தண்டுகளோடு ஒப்பிடப்பட்டு அளக்கப்படுகிறது. அந்த உயரத்தை H எனக் கொள்வோம்.

ABC என்ற முக்கோணத்தில்

AD = H

$$Cos\emptyset/2 = \frac{AD}{AB} = \frac{H}{D}$$

இந்த சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி விரிகோணத்தை கண்டறியலாம்.



படம்-12.18 விரிகோணம் அளத்தல்

குறு வினாக்கள்

1. விட்டம் மிகுதியானால் அளத்தலில் ஏற்படும் சிக்கல் என்ன?
2. வட்டக் காடியின் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
3. பெரிய குழாய்களின் உள் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
4. உள் விட்டங்களை அளக்கும் முறைகள் யாவை?

5. குறுகிய வாய் குடுவைகளின் உள் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
6. V- கோணத்தை அளப்பது எப்படி?
7. குறுகும் துளையின் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
8. புறாவால் அமைப்பின் (Dovetail) கோணத்தை அளப்பது எப்படி?
9. ஒரு வட்டக் காடியின் அடிப்பாகத்தின் சரிவை அளப்பது எப்படி?
10. ஒரு பந்துமுனை பேனாவில் உள்ள பந்தின் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
11. ஒரு விரிகோணத்தை அளப்பது எப்படி?

நெடு வினாக்கள்

1. நேரடியாக அளக்கும்போது ஏற்படும் சிக்கல்கள் என்ன? அவற்றைப் போக்கி என்ன செய்ய வேண்டும் என்பதை ஒரு எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.
2. வட்டக் காடியின் விட்டத்தை அளக்கும் அடிப்படையை விளக்கி, அதற்கான சூத்திரத்தை நிறுவுக. வட்டக் குமிழிகளின் விட்டத்தை அளப்பது எப்படி?
3. பெரிய குழாய்களின் விட்டத்தை நீளக்கோல் கொண்டு அளக்கும் அடிப்படை சூத்திரத்தை நிறுவி, அளக்கும் முறையை விளக்குக.
4. இரும்பு குண்டுகளைக் கொண்டு உள்விட்டங்களை அளக்கும் முறைகளை விளக்குக.
5. குறுகிய வாயுள்ள குடுவைகளின் விட்டத்தை அளக்கும் முறையின் அடிப்படையை விளக்குக.
6. கூம்பு துளைகளின் கோணத்தையும், சிறிய பெரிய வாய் விட்டங்களையும் விளக்கி அதன் அடிப்படை சூத்திரத்தை நிறுவுக.
7. ஒரு கூம்பு வரம்புக் கடிகையின் (Taper plug gauge) கோணத்தையும், அதிக குறைந்த வரம்பு அளவுகளையும் அளக்கும் முறையை விளக்குக,
8. ஒரு வட்டக்காடியின் உள் சரிவுக் கோணத்தை அளக்கும் அடிப்படையை விளக்குக.

13

ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம்

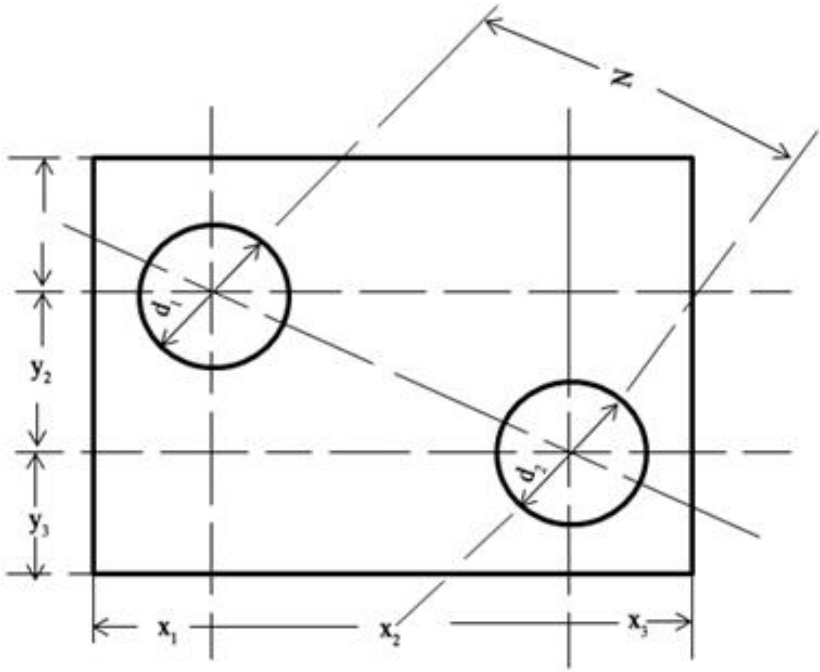
பாடம் **: 13**

ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம்

(CO-ORDINATE MEASURING M/C)

13.1: முன்னுரை

தொழிற்கூடங்களில் உருவாக்கப்படும் பொருட்களின் தரத்தை சரிபார்க்க நீளம், அகலம், விட்டம், கோணம், வடிவம் என்ற நேர் அளவுகளை மட்டும் அளப்பதில்லை. ஒரு துளையின் மையம் விளிம்பிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது. ஒரு துளைக்கும் மற்றொரு துளைக்கும் இடையில் உள்ள தூரம் எவ்வளவு என்ற விவரங்களும் அளக்கப்படுகின்றன. ஆனால் நீளம், விட்டம் போன்று இவற்றை நேரடியாக அளக்க முடியாது. எடுத்துக்காட்டாக, இரண்டு துளைகளின் மையங்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவை நேரடியாக அளப்பது இயலாது, ஏனென்றால் துளைகளின் மையங்கள் எங்கேயிருக்கின்றன என்பதைப் பார்க்க முடியாது.



படம்-13.1 ஒருங்கிணைந்த அளவுகள்

ஆகவே, இத்தகைய அளவுகளை சரிபார்க்க முதலில் துளைகளின் விட்டத்தையும் பிறகு துளைகளின் விளிம்புகளுக்கு இடையிலுள்ள தூரத்தையும் அளந்து கொண்டு, இரண்டையும் கூட்டி, மையங்களுக்கு இடையிலுள்ள தூரத்தை கணக்கிட வேண்டும்.

இதைப் போல் பல ஒருங்கிணைந்த அளவுகளை அளக்க வேண்டிய தேவை இன்று ஏற்பட்டுள்ளது. மேலும் ஒரு பொருளில் ஒரே நேரத்தில் பல அளவுகளையும் சரிபார்க்க வேண்டும். புழக்கத்தில் உள்ள அளக்கும் கருவிகளைக் கொண்டு அளப்பது சிக்கலானதும், நீண்ட நேரம் எடுக்கக் கூடியதுமாகும்.

மேலும் இன்றைய அளக்க வேண்டிய பொருட்களின் நுட்பம் மைக்ரான் அளவுகளில் உள்ளது. ஆகவே அவற்றை அளக்க வேண்டிய கருவிகளின் நுட்பம் அதைவிட பத்து மடங்கு அதிகமாக இருக்க வேண்டும் என்பதும் இன்றியமையாத் தேவையாகும்.

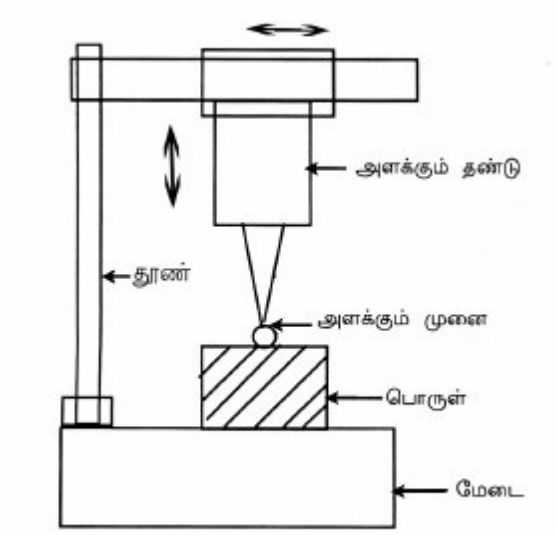
இன்று கணிப்பொறியின் துணையோடு சிக்கலான பல வடிவங்கள் உருவாக்கப் படுகின்றன. இந்த வடிவங்களை அளக்கும் முறைகள் அந்த தொழிற் நுட்பத்திற்கு ஏற்ப அமையவேண்டும்.

நீளத்தை அளக்க ஒரு கருவி, கோணத்தை அளக்க ஒரு கருவி – என்ற காலமெல்லாம் போய்விட்டது. எல்லா அளவுகளையும் ஒரே கருவியில் அளக்க வேண்டிய தேவை இன்று உருவாகி உள்ளது.

ஒரு பொருள் நகரும் பட்டையில் ஒரு இடத்திலிருந்து மற்றொரு இடத்திற்கு செல்லும்போதே எல்லா அளவுகளையும் ஒரே கருவியில் அளக்க வேண்டிய தேவை இன்று உருவாகி உள்ளது.

இத்தகைய தேவைகளை நிறைவு செய்வதற்காக உருவாக்கப்பட்ட எந்திரம் தான் ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம் (Co-ordinate measuring machine) எனப்படும்.

13.2. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரங்களின் அமைப்பு



படம்-13.2 ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம்

எல்லா அளக்கும் கருவிகளைப் போலவே ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்திலும், பொருளைத் தாங்கும் மேடை, அளக்கும் முனை, அளவு காட்டும் கருவி என்ற அடிப்படை அமைப்புகள் உள்ளன.

இதில் கருங்கல் அல்லது வார்ப்பிரும்பிலான கனமான ஒரு மேடை இருக்கும். இந்த மேடை அதிர்வுகளைக் கட்டுப்படுத்த வல்லவை, வெப்பநிலை போன்ற சூழ்நிலை மாற்றங்களால் பாதிக்கப்படாதவை, தேய்மானத்தைத் தடுக்கும் வல்லமை கொண்டது.

இந்த மேடையின் மேல் பொருட்களை வைத்து அசையாமல் நிலையாக வைக்க ஏதுவாக மரை துளைகள் பல இருக்கும்.

மேடையின் மேல் ஒரு நகரும் தூண் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். அதன் மேல் முனையில் ஒரு நெடுங்கை நீட்டிக் கொண்டிருக்கும். அதில் அளக்கும் தண்டு பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

இந்த அளக்கும் தண்டு நெருங்கையின் மேல் இட-

வலமாகவும், கீழ்-மேலாகவும் நகரும். அளக்கும் தண்டின் கீழ் ஒரு அளக்கும் முனை (Stylus) பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

இந்த அளக்கும் தண்டைப் பிடித்துக் கொண்டு மேடையின் எந்த இடத்திற்கும் அளக்கும் முனையை நகர்த்தலாம். அப்பொழுது தூண் மேடையின் குறுக்காக x-அச்சில் நகரும். நெடுங்கை இடவலமாக, y- அச்சில் நகரும். அளக்கும் தண்டு மேல் கீழாக z- அச்சில் நகரும். இந்த நகர்வுகளை அளக்கும் கருவிகள் அவற்றில் அமைக்கப்பட்டிருப்பதால் x,y,z என்ற அச்சுகளில் முனை எவ்வளவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை அவை எடுத்துக் காட்டிவிடும். இவற்றிலிருந்து நமக்குத் தேவையான அளவுகளைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக ,

அளக்கும் முனை முதலில் A என்ற புள்ளியில் இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். அப்பொழுது அதன் அளவுகள் x_1, y_1, z_1 என்று கொள்வோம். பிறகு அளக்கும் முனை B என்ற புள்ளிக்கு நகர்த்தினால், அப்பொழுது அதன் அளவுகள் x_2, y_2, z_2 என்று இருப்பதாகக் கொள்வோம். இதிலிருந்து

x அச்சின் நகர்வு $= x_2 - x_1$

y அச்சின் நகர்வு $= y_2 - y_1$

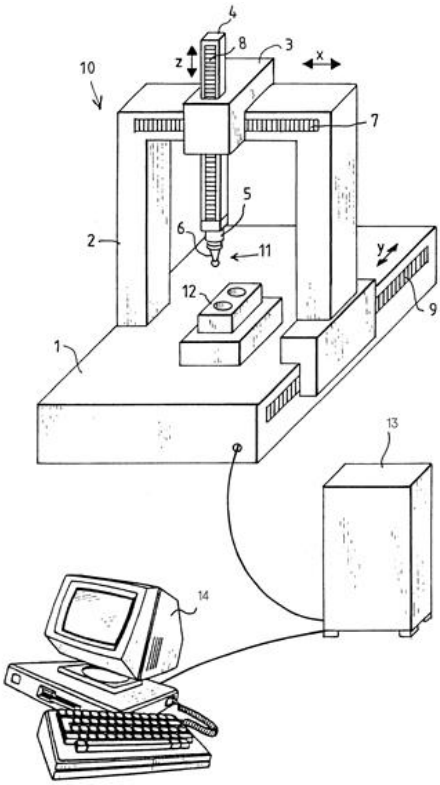
z அச்சின் நகர்வு $= z_2 - z_1$

இதேபோல் தேவைப்படும் பல்வேறு வகையான அளவுகளையும் ஒரு அமைப்பில் வைத்து அளந்து கொள்ளலாம்.

13.3 ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் வகைகள்

எந்த ஒரு ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் அமைப்பும், மேடை, மேடையின் மேல் உள்ள நகரும் தூண், அதில் பொருத்தப்பட்டுள்ள நெடுங்கை, அளக்கும் தண்டு, அளக்கும் முனை, அளவு காட்டும்

கருவி என்னும் அடிப்படை உறுப்புகளைக் கொண்டிருக்கும்.



1. அடித்தளம்
2. தூண்
3. x-திசை நகரி
4. z-திசை நகரும் சட்டம்
5. அளக்கும் தண்டு
6. அளக்கும் முனை
7. x-திசை அளக்கும் கருவி
8. z-திசை அளக்கும் கருவி
9. y-திசையில் அளக்கும் கருவி
10. பாலம்
11. அளக்கும் கருவி
12. பொருள்
13. கட்டுப்பாடு பெட்டி
14. கணிப்பொறி

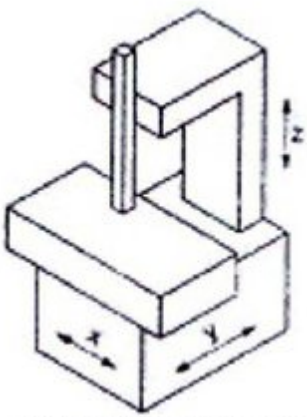
படம்- 13.3 ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் உறுப்புகள்

ஆனால் அளக்கும் பொருளின் பருமனுக்கு ஏற்ப அவற்றின் உருவம் வேறுபடும். உருவத்திற்கேற்ப அவற்றை கீழ்கண்டுள்ளவாறு வகைப்படுத்தலாம்.

1. தூண் வகை (Column type)
2. நெடுங்கை வகை (Cantilever type)
3. பால வகை (Bridge type)
4. நாற்கால் வகை (Gantry type)

13.3.1 தூண் வகை அளக்கும் எந்திரம் **(Column type)**

ஒரு மேடையில் அமைக்கப்பட்டுள்ள தூணில் மேலும் கீழும் நகரும் வண்ணம் ஒரு அமைப்பு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதில் அளக்கும் தண்டும், அதன் அடியில் ஒரு அளக்கும் முனையும் உண்டு, இதில் அளக்கும் முனை இடவலமாகவும், மேல்-கீழாகவும் முறையே y, z அச்சுகளில் மட்டுமே நகரக் கூடியது.

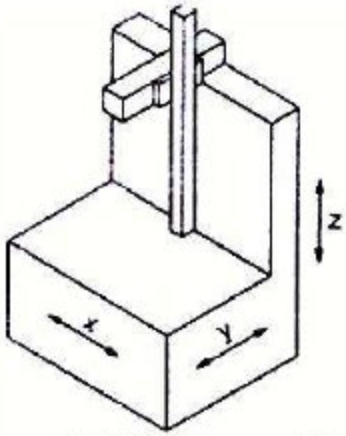


படம்-13.4 தூண் வகை எந்திரம்

ஆகவே, மிகச் சிறிய பொருட்களை மட்டுமே அளந்து சரிபார்க்க இதனால் முடியும். ஒரு ஒப்பளவியைப் போல இது சோதனைக் கூடங்களில் மட்டுமே பயன்படக் கூடியது. வளர்ந்துவிட்ட தொழில்நுட்பத்தால் இதன் பயன்பாடு இன்று பரவலாக இல்லை என்றே கூறலாம்.

13.3.2 நெடுங்கை வகை **(Cantilever type)**

தூண் வகை எந்திரத்தின் அடுத்த கட்ட வளர்ச்சியே நெடுங்கை வகை எந்திரமாகும். மேடையின் மேல் ஒரு பக்கத்தில் நகரும் தூணும், தூணின் மேல் முனையில் நெடுங்கையும், அதில் அளக்கும் தண்டும், அளக்கும் முனையும் இதில் உண்டு, x, y, zஎன்ற மூன்று அச்சுக்களிலும் நகர்ந்து அளவுகள் காட்டும்.



படம்-13.5 நெடுங்கை வகை எந்திரம்

தூணும், நெடுங்கையும், அளக்கும் தண்டும் லேசாகவும், அதே நேரம் வலுவாகவும் இருக்கும். வண்ணம் கலப்பு அலுமினிய உலோகத்தால் செய்யப்பட்டவை ஆகும். மேடை கருங்கல் அல்லது வார்ப்பு இரும்பால் ஆனது.

இது x, y, z அச்சுக்களில் முறையே 600 x 400 x 300 மி.மீ வரை அளக்க வல்லது.

பரவலாகப் பயன்படும் இந்த எந்திரங்களின் துல்லியம் சற்று குறைவானது. ஏனென்றால் அளக்கும் தண்டு, நெடுங்கையின் முனைக்கு நகரும் போது, அதனுடைய எடையால், நெடுங்கை சற்று வளையும் வாய்ப்புள்ளது. எனவே துல்லியம் குறையும்.

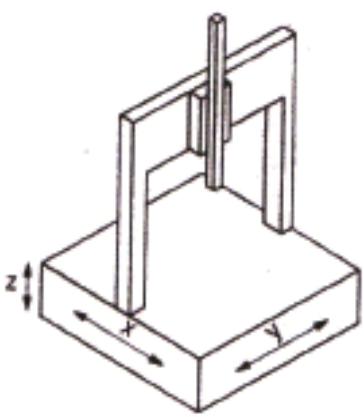
இத்தகைய எந்திரங்களின் அளவு பெருகப் பெருக இந்த

பிழை அளவும் பெருகும். எனவே சற்று அளவில் பெரிய பொருட்களை இதில் அளப்பதில் சிரமம் ஏற்படும்.

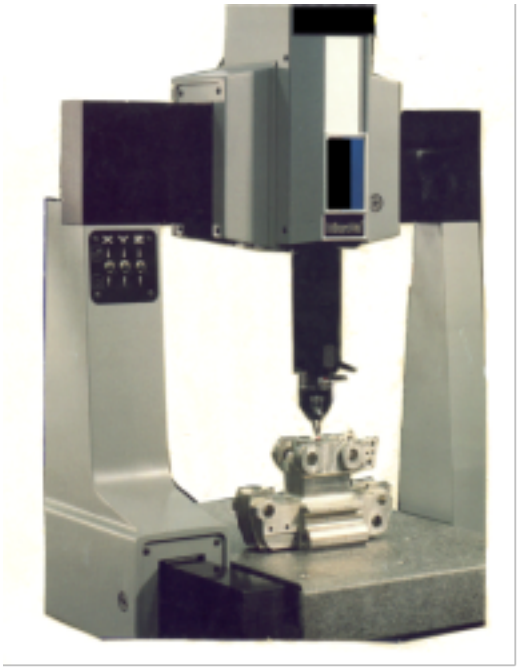
ஆனால் இந்த எந்திரங்களில், தூண் இருக்கும் பக்கத்தைத் தவிர, மற்ற பக்கங்கள் எல்லாம் திறந்திருக்கும். எனவே பொருட்களை மேடையில் ஏற்றுவதும், இறக்குவதும் எளிதாகும்.

13.3.3 பால வகை எந்திரம் **(Bridge type)**

நெடுங்கை வகையில் அது வளைந்து பிழைபடுவதைத் தடுக்கும் வகையில், அதன் முனையிலும் ஒரு தாங்கு தூணை அமைத்து செய்யப்பட்ட முன்னேற்றத்தின் பலனே பால வகை எந்திரமாகும்.



படம்-13.6 பாலவகை எந்திரம்



இதில் இரண்டு தூண்களுக்கு மேல் ஒரு பாலம் போன்ற சட்டம் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அதில் அளக்கும் தண்டும், அளவிடும் முனையும் உள்ளது.

இந்த வகை எந்திரங்களில் x, y, z என்ற அச்சுக்களில் முறையே 1000 x 800 x 600 மி.மீ. வரை அளக்க முடியும்.

மிகப் பரவலாகப் பயன்படும் இந்த வகை எந்திரங்களின் துல்லியமும், நுட்பமும் மிகுதியாகும்.

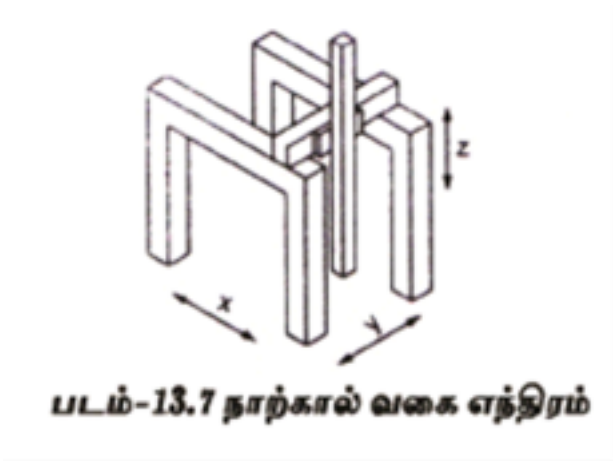
ஆனால் இரண்டு பக்கமும் தூண்கள் இருப்பதால், முன் பக்கமிருந்தோ, பின் பக்கமிருந்தோ தான் பொருட்களை ஏற்றி இறக்க முடியும்.

13.3.4 நாற்கால் வகை **(Gantry type)**

தொழிற்கூடங்களில் உருவாக்கப்படும் பெரும்பாலான பொருட்களை அளக்க நெடுங்கை வகை அல்லது பால வகை எந்திரங்கள் போதுமானவை. ஆனால் சில மிகப் பெரிய பொருட்களை அளக்க வேண்டிய தேவையும் இன்று பெருகியுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு காரின்

வடிவத்தை அது நகரும்போதே அளந்து சரிபார்க்க வேண்டிய தேவை உள்ளது.

இத்தகைய மிகப்பெரிய பொருட்களை அளந்து சரிபார்க்க உருவாக்கப்பட்ட ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்திற்கு நாற்கால் வகை அளக்கும் எந்திரம் என்று பெயர்.



படம்-13.7 நாற்கால் வகை எந்திரம்

நெடுங்கை வகையில் ஒரு தூணும், பால வகையில் இரண்டு தூண்களும் இருப்பதைப் போல, இதில் நான்கு தூண்கள் இருக்கும்.

ஒரு பக்கம் இரண்டு தூண்கள் அமைக்கப்பட்டு, அவற்றின் மேல் இணைச்சட்டம் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். இதே போல் இன்னொருபக்கம் இரண்டு தூண்களும் அவற்றின் மேல் ஒரு இணை சட்டமும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

இணை சட்டங்களில் மேல் ஒரு நகரும் பாலம் இருக்கும் பாலத்தில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அளவிடும் தண்டுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

தூண்கால்களிலும் அளவிடும் தண்டுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஆகவே ஒரே நேரத்தில் மேலிருந்தும், பக்கவாட்டிலிருந்தும் அளக்க முடியும்.

இதில் x_1, y_1, z_1 அச்சுக்களில் முறையே 6000 x 4000 x 3000 மி.மீ. வரை அளக்க முடியும்.

13.4 அளவிடும் கருவிகள்

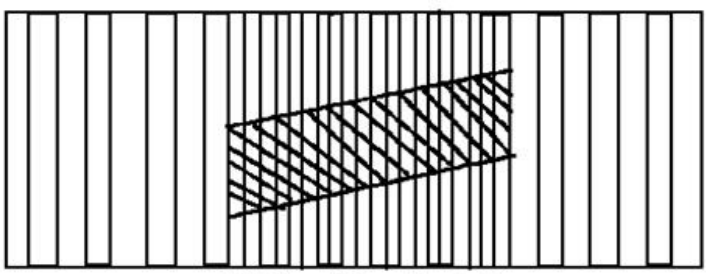
x, y, z ஆகிய அச்சுக்களின் நகர்வை அளவிடுவதற்கு

பல முறைகள் கையாளப் படுகின்றன. அவை,

1. மாய்ரே கதிர் நுட்பம் (Moire fringe technic)
2. மின் தூண்டல் சட்ட நுட்பம் (Inductosyn)
3. ஒளிமின் குறிப்பு நுட்பம் (Optical Encoder)

13.4.1 மாய்ரே கதிர் நுட்பம்

ஒரு கண்ணாடி சட்டத்தின் மேல் மெல்லிய செங்குத்துக் கோடுகளை வருடிய பிறகு, அதன் மேல், அதேபோல் சற்று சாய்வான கோடுகள் வருடிய ஒரு செவ்வக கண்ணாடித் தட்டை வைத்து நகர்த்தினால், நீளவாக்கில் தோன்றும் ஒளிக் கதிர்கள் செங்குத்தாக நகரும்.



படம்-13.8.1 மாய்ரே கதிர்நுட்பம்

நீளவாட்டு ஒளிக்கதிர்களுக்கு இடைபட்ட தூரம் 10 மி.மீ எனவும் கண்ணாடி சட்டத்தில் உள்ள இரண்டு கோடுகளுக்கு நடுவில் உள்ள தூரம் 0.02 மி.மீ (ஒரு மில்லி மீட்டரில் 50 கோடுகள் வருடப்பட்டு உள்ளன) எனவும் கொண்டால், குறியீட்டுத் தகடு 0.02 மி.மீ நகர்ந்தால், நீளவாட்டு ஒளிக்கதிர் 10 மி.மீ நகரும்.

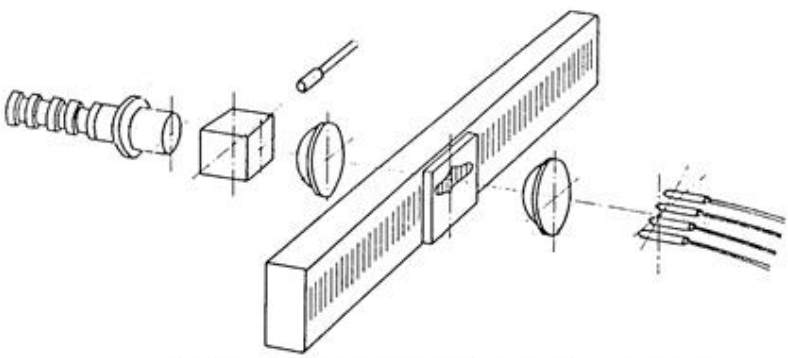
இரண்டு கண்ணாடி சட்டத்தில் ஒரு மில்லி மீட்டரில் 500 கோடுகள் வரை போடும் அளவுக்கு தொழில்நுட்பம் வளர்ந்திருக்கிறது. அதனால், இதன் நுட்பம் 1/500 = 0.002 மி.மீ.

இந்த நுட்பத்தை இன்னும் அதிகமாக்க வேண்டுமானால், 1 மி.மீட்டரில் வருடப்படும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகரிக்க முடியும்.

ஆனால், இது முடியாத செயலாகும். ஆகவே மின்னணு வகுத்தல் மூலம், நுட்பம் அதிகரிக்கப்படுகிறது. இம்முறையில் நீளவாட்டு ஒளிக் கதிர்களின் நகர்வை அளக்க ஒரே ஒரு ஒளிக் கலத்திற்கு பதிலாக (Photo cell) நான்கு ஒளிக் கலங்களை பக்கத்தில் பக்கத்தில் வைத்துவிட்டால், அது இடைவெளியை நான்காக பிரித்துவிடும். அப்பொழுது

நுட்பம் = $\frac{0.002}{4} = 0.0005$ மி.மீ.

மாய்ரே ஒளிக்கதிர் அமைப்பு இரண்டு வகைப்படும். ஒன்று ஊடுருவும் ஒளிமுறை (Transmission), மற்றொன்று எதிரொளிக்கும் ஒளிமுறை.



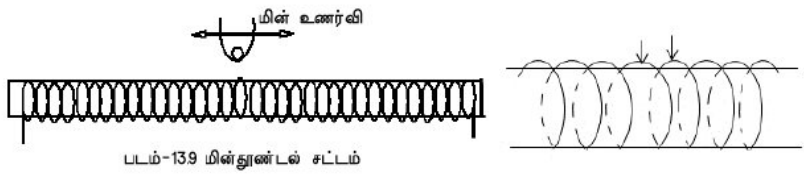
படம்-13.8.2 மாய்ரே கதிர்மூலம் அளக்கும் அமைப்பு

இந்த கண்ணாடி சட்டங்கள் மேடை போன்ற நகராத பரப்பில் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். குறியீட்டு தட்டு, தூண், அளக்கும் தண்டு போன்ற நகரும் பரப்புகளில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் இந்த பரப்பு நகரும்போது தோன்றும் நீளவாட்டு ஒளிக்கதிர்களை ஒளிக் கலங்கள் நோட்டமிட்டு மின் சைகைகளை உருவாக்கும். இந்த சைகைகளை எண்ணி தட்டு எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்திருக்கிறது என்று கணித்து விடலாம். மேலும் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒளிக் கலங்கள் இருக்கும்போது எந்த மின்கலம் முதலில் ஒளிக்கீற்றைக் காண்கிறது என்பதைக் கொண்டு, நகரும் திசையையும் அறிந்து

கொள்ளலாம்.

13.4.2 மின் தூண்டல் சட்டம்

மின் கம்பி சுற்றப்பட்ட ஒரு நீண்ட சட்டத்தின் மேல் ஒரு மின்சுற்று நகரும்போது என்ன ஆகும். மின் சுற்று சட்டத்தின் மேலுள்ள சுற்றுக்கு நேராக வரும்போது அதிக மின்னழுத்தமும் மின் சுற்று நகர்ந்து இரண்டு மின் சுற்றுகளுக்கு ஒரு நடுவில் வரும்போது குறைவான மின்னழுத்தமும் உண்டாகும். மீண்டும் அது அடுத்த மின்சுற்றுக்கு நேராக வரும் போது அதிக மின்னழுத்தமும் ஏற்படும். தொடர்ந்து மின்னழுத்தத்தை அளந்தால் அது ஒரு சைன் அலையைப் போல் இருக்கும்.



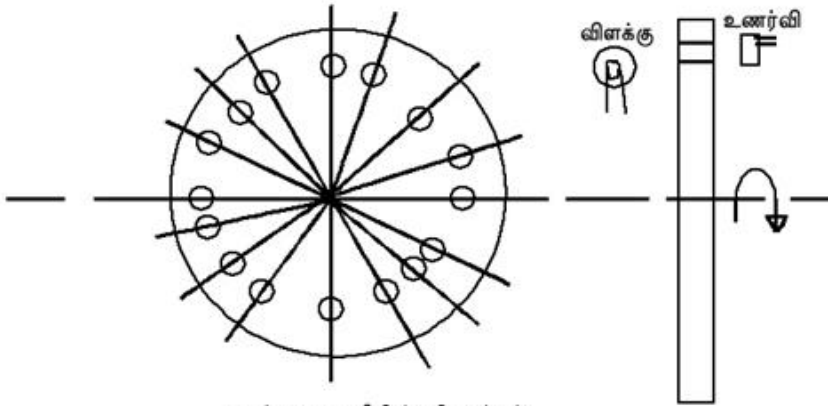
படம்-139 மின்தூண்டல் சட்டம்

ஆகவே, சட்டத்தின் மேல் உள்ள அடுத்தடுத்த மின்சுற்றுகளுக்கு இடைபட்ட தூரம் 1 மி.மீ. எனக் கொண்டால், ஒரு சைன் அலை 1 மி.மீ தூரத்தைக் குறிக்கும். எனவே அலை எண்ணிக்கையைக் கொண்டு நகரும் சுற்று எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்திருக்கிறது என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம்.

13.4.3 ஒளிமின் குறிப்பு நுட்பம் **(Optical encoder)**

ஒரு வட்டமான தட்டின் விளிம்பைச் சுற்றி பல துளைகள் போட்டு, அதன் ஒரு பக்கத்தில் சிறிய விளக்கை வைத்து தட்டு சுற்றும் போது மறுபக்கத்திலிருந்து பார்த்தால், ஒவ்வொரு துளையும் விளக்குக்கு நேராக வரும்போது ஒரு ஒளிப்புள்ளி தோன்றும். இந்த ஒளிப்புள்ளிகளை எண்ணி, தட்டு

எத்தனை சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கின்றது என்பதை எளிதில் கணித்துவிடலாம்.



படம்-13.10 ஒளிமின்குறி நுட்பம்

எடுத்துக்காட்டாக, வட்டத் தட்டின் விளிம்பில் 100 துளைகள் இருப்பதாகக் கொள்வோம். எனவே தட்டு ஒரு முறை சுற்றினால் 100 ஒளிப்புள்ளிகள் தோன்றும். அந்த தட்டு 1 மி.மீ. புரி இடை தூரம் (pitch) உள்ள ஒரு திருகு மரையோடு இணைக்கப் பட்டிருந்தால் அதன் ஒரு சுற்றுக்கு மரை அல்லது மரையோடு இணைக்கப்பட்டுள்ள மேடை 1 மி.மீ நகரும்.

ஆகவே, ஒளிப்புள்ளிகளை கணக்கிட்டு மேடை நகர்ந்த தூரத்தை கணித்து விடலாம்.

இங்கு ஒளிப்புள்ளிகளை கண்களால் பார்த்து கணக்கிடுவதை விட, ஒரு ஒளிக்கலத்தை (Photo cell) கொண்டு கணக்கிடுவது எளிதானது, நம்பகத் தன்மையுள்ளது.

ஏனென்றால் கண்களால் பார்த்து கணக்கிடும் போதும், தட்டு வேகமாக சுற்றும்போதும் பல ஒளிப்புள்ளிகளை தவறவிடும் வாய்ப்பு அதிகம். ஆனால் ஒரு ஒளிக்கலம் துல்லியமாக ஒளிப்புள்ளிகளைப் பார்த்து, அவற்றை

மின் சைகைகளாக மாற்றி பதிவு செய்து, மேற்கொண்டு செய்யவேண்டிய கணக்கீடுகளுக்கும் வழி வகுக்கும்.

இந்த ஒளி மின்குறிப்புக் கருவிகள்

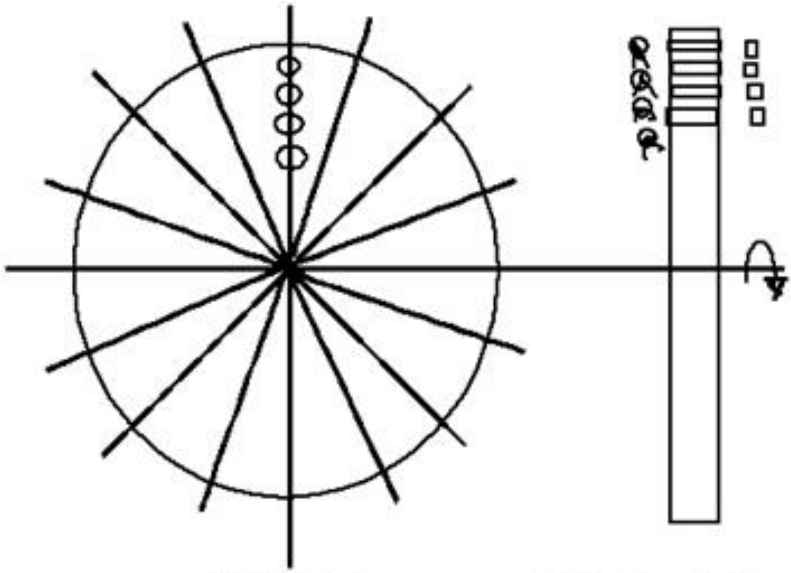
1. அளவு உயர்வு வகை (Increment)
2. மொத்த அளவு வகை (Absolute)

என இரண்டு வகையாகும்.

உயர்வு அளவு வகைக் கருவிகள் இரண்டு இடங்களுக்கு இடையில் உள்ள அளவைக் காட்டும். இரண்டாவது இடத்திலிருந்து மூன்றாவது இடத்துக்கு இடைபட்ட தூரத்தைத்தான் அது காட்டும். முதல் இடத்திலிருந்து மூன்றாவது இடத்திற்கான தூரத்தைக் காட்டாது. ஆகவே இந்த வகை கருவிகளால், ஒரு மேடை ஒரு முறை எவ்வளவு தூரம் நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை மட்டுமே அளக்க முடியும். அதாவது, ஒவ்வொரு முறையும் அது 0-எண்ணிக்கையிலிருந்தே கணக்கிடத் தொடங்கும்.

ஆனால் மொத்த அளவு வகை கருவிகள் முதல் இடத்திலிருந்து எங்கு நகர்ந்தாலும் முதல் இடத்திலிருந்து கணக்கிடத் தொடங்கும். எடுத்துக்காட்டாக, முதல் இடம் 0 எனக் கொண்டு மேடை 10 மி.மீ நகர்ந்தால் அளவுகள் 10 மி.மீட்டரைக் காட்டும். அங்கிருந்து மேடை இன்னொரு 10 மி.மீ. நகர்ந்தால் அளவுகள் 20 மி.மீட்டர் என்று காட்டும்.

உயர்வு அளவு வகைக் கருவிகளில் உள்ள தட்டுக்களில் ஒரு வரிசையில் துளைகள் மட்டுமே இருக்கும். ஆனால் மொத்த அளவு வகைக் கருவிகளில் உள்ள தட்டுக்களில் பலவரிசைத் துளைகள் காணப்படும். எடுத்துக் காட்டாக ஒரு வரியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புள்ளிகள் இருக்கும்.



படம்-13.11 மொத்தஅளவு ஒளிமின்குறி நுட்பம்

எண்களை இரட்டைப்படை எண்ணிக்கை முறையில், நான்கு இலக்க எண்களாகப் பிரித்தால் அவை கீழ்கண்டுள்ளவாறு தோன்றும்.

2^3 2^2 2^1 2^0

1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0111
6	0110
7	0111
8	1000

9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

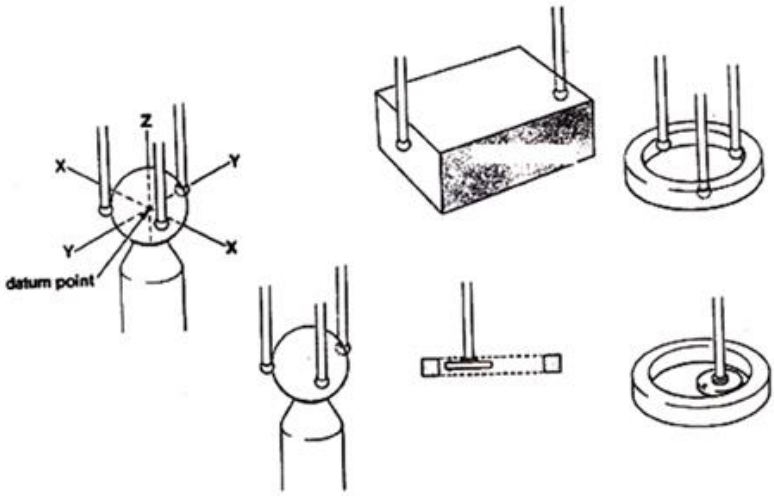
ஆகவே, மொத்த அளவைக் காட்டும் தட்டில் முதல் வரியில் ஒரு துளை மட்டும் திறந்து மற்ற மூன்று துளைகள் மூடியிருக்கும். இரண்டாம் கட்டத்தில் இரண்டாவது துளை மட்டும் திறந்திருக்கும்; மற்ற துளைகள் மூடியிருக்கும். இந்த தட்டுக்கு ஒரு பக்கத்தில் நான்கு மின் விளக்குகளும், மறுபக்கத்தில் நான்கு ஒளிமின் கலங்களும் வைக்கப் பட்டிருப்பதால், தட்டு சுற்றும்போது அது எவ்வளவு சுற்றுகிறது என்பதை மொத்த அளவாக தெரிந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு எந்திரத்தின் மேடை 1000 மி.மீ நகர்வதை ஒரு வட்டத் தட்டினால் அளக்க முடியாது. ஆகவே பல் சக்கரத் தொடர்களைப் பயன்படுத்தி ஒரு மைக்ரான் அளவுக்குத் துல்லியமாக மொத்த அளவை அளக்கலாம்.

13.5 அளக்கும் முனைகள் **(Probes)**

அளக்கும் முனைகள் தாம் பொருளைத் தொட்டு அதன் அளவைக் காட்டும் முக்கியமான ஒரு பகுதியாகும். அளவை உணரும் தன்மையைக் கொண்டு அவற்றை (1) திண் முனைகள் (Solid probes) என்றும் (2) மின்னணு முனைகள் (Electronic probes) என்றும் பிரிக்கலாம்.

மின்னணு முனைகளை நிலை முனை (Static Probes) என்றும், இயங்கு முனை (Dynamic Probes) என்றும் பிரிக்கலாம்.



படம்- 13.12 அளக்கும் முனைகளின் பயன்பாடு

13.5.1 திண் முனை **(Solid Probes)**

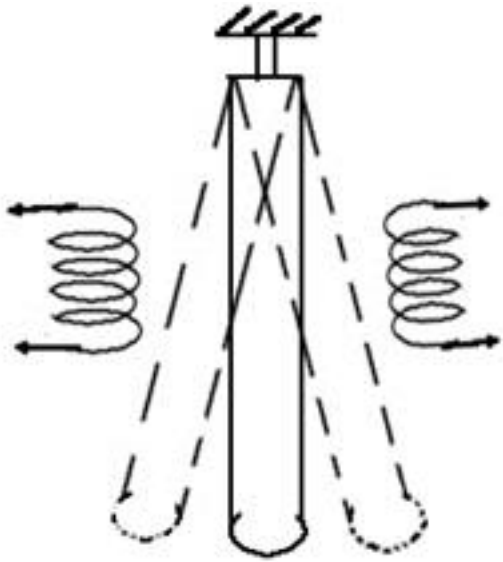
திண் முனை என்பது கருக்காத, வலுவான உலோகத்தினாலான மெல்லிய நீண்ட தண்டும் அதன் முனையில் தேய்வு இல்லாத கார்பைடு, வைரம் போன்றவற்றால் ஆன ஒரு பந்தும் கொண்ட அமைப்பாகும்.

இந்த முனை அளக்கும் தண்டின் அடியில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

அளக்கும் பொருளின் வடிவம் மற்றும் அளவுகளுக்கு ஏற்ப பந்தின் விட்டம் 0.5 மி.மீட்டர் முதல் 5 மி.மீட்டர் வரை இருக்கும்.

பந்தின் விட்டத்திற்கு ஏற்ப தண்டின் விட்டமும் இருக்கும். எனவே பயன்பாடின் தேவைக்கு ஏற்ப இவற்றைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால் அளக்கும் போது தண்டு சற்று வளையும் வாய்ப்பு இதில் உள்ளது. அதனால் மைக்ரான் அளவுக்கு அளக்கும்போது அதன் துல்லியம் கெடும்.

13.5.2 மின்னணு முனைகள் **(Electronic Probe)**



படம்- 13.3 மின்னணு முனை

திண்ம முனைகள் வளைந்து அளக்கும் துல்லியத்தைக் கெடுப்பதைத் தவிர்ப்பதற்காக உருவாக்கப்பட்டதுதான் மின்னணு முனைகள் ஆகும்.

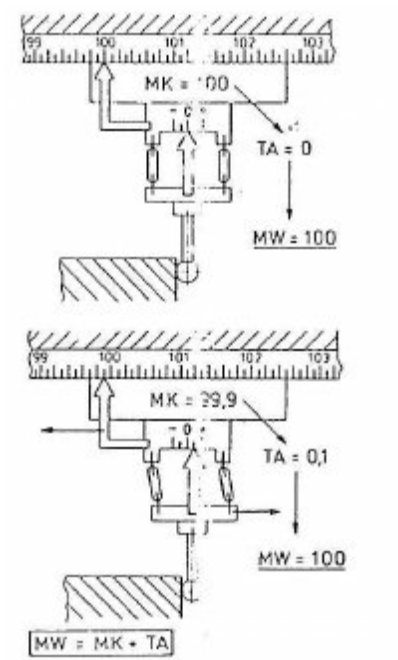
அளக்கும் முனைகளின் மேற்புறத் தண்டுப் பகுதியில் ஒரு மின் சுற்று அமைப்பு பொருத்தப்பட்டு உள்ளது. தண்டு செங்குத்தாக இருக்கும்போது சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டம் சமமாக இருக்கும். இல்லையென்றால் ஒரு சுற்றில் அதிக மின்னோட்டமும், மற்றதில் குறைந்த மின்னோட்டமும் இருக்கும். மின்சுற்று சமநிலையில் இருக்கும்போது ஒரு சிறிய மின் விளக்கு எரியும். ஆகவே அளக்கும் போது முனை செங்குத்தாக பொருளைத் தொட்டு சமநிலையில் உள்ளதா என்பதை உறுதி செய்து கொண்ட பிறகு, அளவுகளை எடுக்க வேண்டும்.

(i) நிலை முனை **(Static Probe):**

முனை ஒரு நிலையான இடத்தில் இருக்கும் போது அளவுகள் எடுப்பதால் இதனை நிலைமுனை (Static probe) என்று அழைக்கிறோம்.

(ii) இயங்கு முனை **(Dynamic Probe):**

அளக்கும் முனையின் சமநிலையைச் சரிசெய்வது என்பதும் சற்று சிரமமான செயலாகும். இக்குறையைப் போக்கி அளக்கும் முனை பொருளைத் தொட்டு வளைந்து செங்குத்து தன்மையை அடையும்போதே அளவுகளைத் தானாக எடுத்துக் கொள்ளும் வகையில் அளக்கும் முனையும், அளவு எடுக்கும் அமைப்பும் ஒருங்கிணைந்து செயல்படும். அதனால் இதனை இயங்கு முனை (Dynamic probe) என்று கூறுவர்.



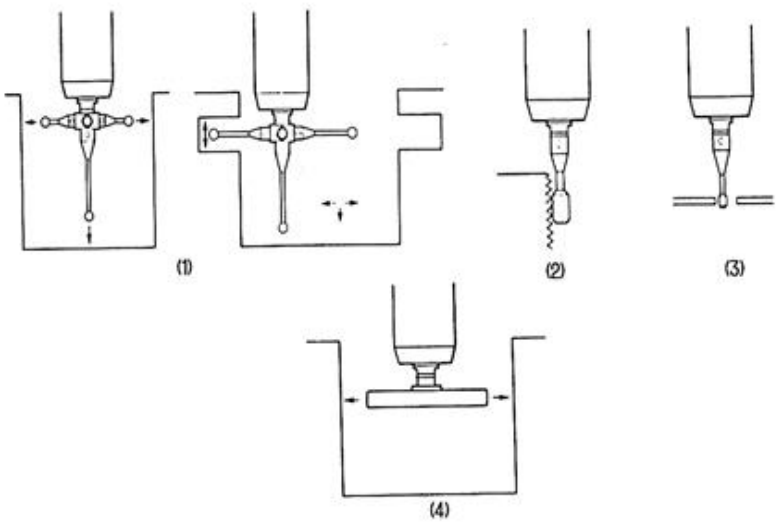
படம்-13.14 இயங்கு அளக்குமுனை

இந்த அமைப்பில் சரியான நிலையில் அளவு எடுத்துக் கொள்வதால் சரிபார்க்கும் நேரம் மிச்சமாகும். துல்லியமும் அதிகரிக்கும்.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அளக்கும் முனைகள் கொண்ட கூட்டு அளக்கும் தண்டுகளும் உண்டு. (Cluster probes)

பக்கவாட்டு சுவர்களையும், அடிப்பக்கத் தளத்தையும் அளக்கும் மூன்று முனைகள் கொண்ட அமைப்பை படத்தில் காணலாம். இதேபோல் பல்வேறு வடிவங்கள் கொண்ட முனைகள் அளப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன. (படம்-13.15)

பக்கவாட்டு சுவர்களை அளக்கும் வட்டத்தட்டு முனை (Disc Probe), ஒரு துளையில் மையத்தை அளக்கும் கூம்பு உருளை முனை (Cone pone), ஊசிமுனை (Needle probe), என அளக்கும் முனைகள் பல வடிவங்களிலும் உள்ளன.



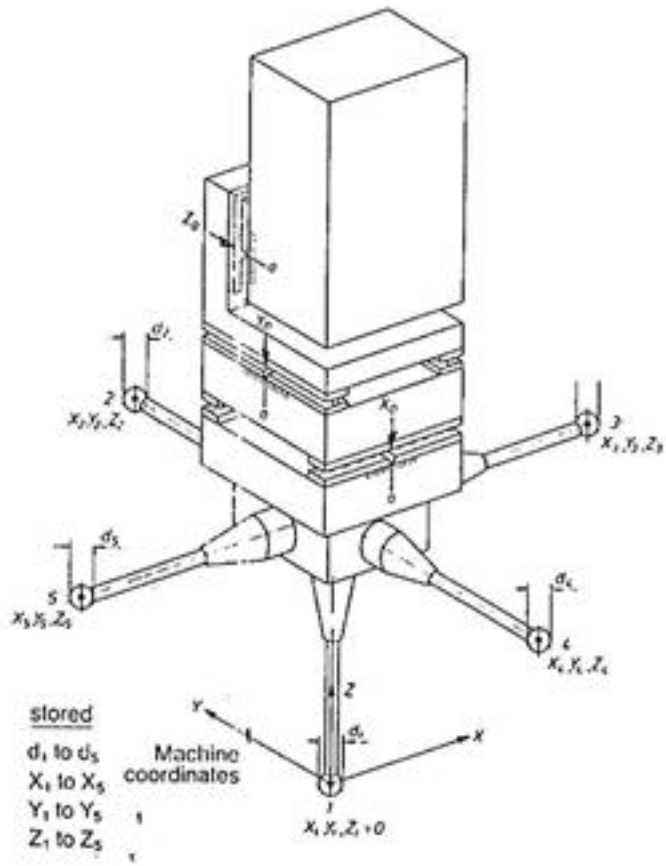
படம்-13.15 பல்வகை அளக்கும் முனைகள்

13.5.3 நுண்ணோக்கி முனை **(Microscope probes)**

மிகச்சிறிய துளைகளையும், பொருள்களையும் கண்டு அளப்பதற்கு நுண்ணோக்கி முனைகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. நுண்ணோக்கியின் வழியாகப் பார்த்து முனையை ஒரு புள்ளிக்கு துல்லியமாக நகர்த்தி அளவிடலாம்.

13.5.4 முப்பரிமான அளக்கும் முனை (3D Probes)

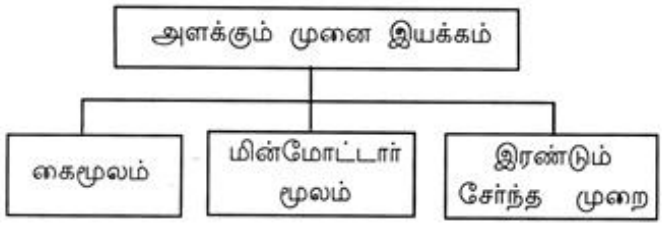
x,y,z என்ற மூன்று அச்சுக்களிலும் நகர்ந்து அளவு எடுக்கும் முப்பரிமான அளக்கும் முனையைப் படத்தில் காணலாம். இதில் ஒவ்வொரு அச்சின் நகர்வையும் துல்லியமாக அளக்கும் மின்னணு கருவிகள் உண்டு. ஆகவே மொத்த அளவு என்பது அளவு காட்டியில் காட்டும் அளவு + அளக்கும் முனை காட்டும் அளவு.



படம்- 13.16 முப்பரிமான அளக்கும் முனை

அளக்கும் முனைகளின் இயக்கம்

பொதுவாக அளக்கும் தண்டுகளைக் கையால் பிடித்து தேவையான இடத்திற்கு நகர்த்தி செல்ல வேண்டும். ஆனால் இன்றைய தானியங்கு அளக்கும் முறைகளுக்கு இது ஒவ்வாது. ஆகவே, அளக்கும் முனைகள் மின் மோட்டார்கள் மூலம் இன்று நகர்த்தப் படுகின்றன.



குறு வினாக்கள் :

1. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் தேவை என்ன?
2. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் அடிப்படை உறுப்புகள் யாவை?
3. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரத்தின் வகைகள் யாவை?
4. தூண்வகை எந்திரத்தின் குறை என்ன?
5. நெடுங்கை வகை எந்திரத்தின் நிறை, குறைகள் என்ன?
6. பாலவகை எந்திரத்தின் நன்மைகள் என்ன?
7. நாற்கால் வகை எந்திரம் எங்கு பயன்படுகிறது?
8. ஒருங்கிணைப்பு அளக்கும் எந்திரத்தில் பயன்படும் அளவிடும் கருவிகள் யாவை?
9. அளவு உயர்வு ஒளிமின்குறி முறைக்கும், மொத்த அளவு ஒளிமின்குறி முறைக்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன?
10. மின்தூண்டல் சட்டம் எப்படி வேலை செய்கிறது?
11. அளக்கும் முனைகளின் வகைகள் யாவை?
12. இயங்கு முனை என்றால் என்ன?
13. மின்னணு முனைகள் எப்படி வேலை செய்கின்றன?

நெடு வினாக்கள் :

1. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம் என்றால்

என்ன? அதன் இன்றையத் தேவையை உரிய எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

2. ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரங்களின் வகைகளை உரிய படங்களின் துணையுடன் விளக்கி, அவற்றின் பயன்பாட்டையும், நிறை, குறைகளையும், எடுத்துக்காட்டுக.
3. மாய்ரே கதிர் நுட்பத்தின் அடிப்படை என்ன? அது செயல்படும் முறையை உரிய படங்களுடன் விளக்குக.
4. ஒளிமின்குறிப்பு நுட்ப அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விளக்குக. அதன் நிறை குறைகள் என்ன?
5. அளக்கும் முறைகளின் வகைகளைக் கூறி, அவற்றின் பயன்பாட்டையும், நிறை குறைகளையும் எடுத்துக் கூறுக.

14

லேசர் அளவையியல்

பாடம் **: 14**

லேசர் அளவையியல்

LASER METROLOGY

14.1 அளவையியலில் லேசரின் தேவை

லேசர் இன்று பல துறைகளிலும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. புற்றுநோய் கண்ட இடங்களை லேசரைக் கொண்டு பொசுக்கி குணப்படுத்துகிறார்கள். பூமிக்கும் கோள்களுக்கும் இடையிலான தொலைவை மிகத் துல்லியமாக அளக்கிறார்கள். கடினமான, கனமான உலோகங்களை வெட்டுவதற்கும், பற்றவைத்து ஒட்டுவதற்கும், துளைப்பதற்கும் பயன்படுத்துகிறார்கள். தனித்தனியாக அனுப்பப்படும் ஆயிரமாயிரம் தொலைக்காட்சி சைகைகளை (Television signals) ஒரே ஒரு லேசர் கற்றையில் அனுப்பிவைக்கிறார்கள். ஒலி, ஒளி பதிவு செய்யவும் லேசரை பயன்படுத்துகிறார்கள். இவ்வாறே அளவையியலிலும் லேசர் பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதன் அடிப்படைக் கோட்பாடு என்ன? இந்த கேள்விக்கு விடையாக இக்கட்டுரை அமைகிறது.

ஒரு பொருளை நுட்பமாகச் செய்வதோடு பணி முடிந்துவிடுவதில்லை அதனை அளந்து சரிபார்த்து தரத்தை உறுதி செய்யவும் வேண்டும். ஒரு பொருளைச் செய்கின்ற பொறியின் நுட்பத்தை (Accuracy) விட அதனை அளக்கும் கருவியின் நுட்பம் பத்து மடங்கு அதிகமானதாகவும், துல்லியமானதாகவும் இருக்க வேண்டும் என்பது பொது விதி. ஆகவே இன்று பலவகையிலும் துல்லியமாக அளக்கும் கருவிகள் தேவைப்படுகின்றன.

இது மட்டுமன்று, ஒரு பொருளை மிகவேகமாகவும், துல்லியமாகவும் செய்யும்போது, செய்யும் முறையில் ஒரு சிறிய தவறு நேர்ந்தாலும், மிகக் குறைந்த கால இடைவெளியிலும் பல பொருள்கள் வீணாகிவிடும். ஆகவே, ஒரு பொருளைச் செய்த பிறகு அளப்பதை விட, அது பொறியில் உருவாகும் போதே அளந்து கண்காணித்து தேவைக்கேற்ற மாற்றங்களைச் செய்து தரமான பொருட்களை உற்பத்தி செய்தலே சிறந்த முறையாகும்.

பொருள் உற்பத்தியாகும் போது அதனைத் தொடாமல், ஆனால், துல்லியமாக அளவிடுவது எப்படி? அளவு மாறுபாடுகளுக்கு ஏற்பப் பொறியைக் கட்டுப்படுத்துவது எவ்வாறு? இது இயலுமா?

இத்தகைய கேள்விகளுக்கு விடையாக இன்று லேசர் வந்திருக்கிறது. லேசர் மூலம் பொருளின் அளவுகள் (Dimensions) பரப்பின் மென்மை (Surface finish) ஆகியவற்றை மட்டுமல்லாது, பொறிகளின் இயக்கங்களையும், உளிகளின் கூர் மழுக்கத்தையும் (Tool wear) மிகமிகத் துல்லியமாக அளக்கலாம்.

14.2 லேசர் என்பது என்ன**?**

விசையைத் தட்டியவுடன் மின்விளக்கு எரிகிறது என்பது நாம் தினமும் காணும் ஓர் உண்மை. இந்நிகழ்வின் அடிப்படையைப் புரிந்துகொள்வது லேசரை புரிந்து கொள்ள பெரிதும் பயன்படும். விசையைத் தட்டியவுடன் டங்சுடன் (Tungston) இழை வழியாக மின்சாரம் பாய்கிறது. இப்போது டங்சுடன் இழையில் அடங்கியிருக்கும் அணுக்கள் சில இயற்பியல் மாறுதல்களுக்கு உள்ளாகின்றன.

ஓர் அணுவில் உட்கருவைச் சுற்றிப் பல எதிர்மின்னிகள் (Electrons) பல்வேறு வளைபாதைகளில் வெகு வேகமாகச் சுழன்று வருகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். இந்த எதிர்மின்னிகள் உட்கருவைவிட்டு எவ்வளவு தொலைவில் சுழல்கின்றன என்பது அவை தாங்கியிருக்கும் ஆற்றலின் அளவைப் பொறுத்து அமையும், உட்கருவுக்கு மிக அருகாகச் சுழலும் மின்னிகள் குறைவான ஆற்றலையும், தொலைவில்

விலகிச் செல்லும் எதிர் மின்னிகள் அதிக ஆற்றலையும் பெற்றிருக்கும்.

மின்சாரம் பாய்வதற்கு முன் டங்சுடனில் உள்ள ஒவ்வொரு அணுவும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நிலையான ஆற்றல் பெற்றிருக்கும் இந்நிலையை "இயல்புநிலை" (Normal state) என்று கூறுவர். மின்சாரம் பாய்வதால் டங்சுடன் இழையில் உள்ள அணுக்கள் மின் ஆற்றலைப் பெருகின்றன. இவ்வாற்றலை எல்லா அணுக்களும் சமமாகப் பகிர்ந்து கொள்வதில்லை. சில அணுக்கள் அதிகமாகவும், சில அணுக்கள் குறைவாகவும் ஈர்த்துக் கொள்கின்றன. ஆற்றலைப் பெற்ற அணுக்களில் உள்ள எதிர்மின்னிகள் தம் பழைய "இயல்பு நிலையை" விட்டு உயர் ஆற்றல் நிலையான (Excited state) 'கிளர்வு நிலையை' அடைகின்றன. அதாவது இந்த எதிர் மின்னிகள் தாம் முன்னரே சுற்றி வந்த பாதையினின்றும் விலகி வேறு பாதையில் சுழலத் தொடங்குகின்றன. இதனைக் கிளர்வு நிலையாக (Excited state) என்று கூறுவர். இந்நிலையிலேயே இவ்வணுக்கள் நீண்ட நேரம் இருப்பதில்லை. ஒவ்வொரு அணுவும் தான் முன்பிருந்த பழைய நிலையையே அடைய முயலுகின்றன. இயல்பாக நிலையாக இல்லாத எந்த ஒரு இயக்கமும் இயல்பான நிலைக்கு வரும் தருணத்தை எதிர்பார்த்துக் காத்திருத்தல் இயற்கை அதற்குக் காரணம் "ஆற்றலின் சிறுமக் கோட்பாடு" (Principle of minimization of energy) ஆகும். இதன்படி உயர் ஆற்றல் நிலையில் இருக்கும் அணுக்கள் உடனே மீண்டும் பழைய இயல்பான நிலையை அடைகின்றன. அப்பொழுது ஓர் அணுவில் உள்ள எதிர்மின்னிகள் அனைத்தும் தாம் பெற்றிருந்த மிகை ஆற்றலை ஒளி மின்னிகளாக (Photons) வெளியிடுகின்றன. இவ்வாற்றல் வெளிப்பாடுதான் ஒளி. இவ்வாற்றல் கதிர்வீச்சு முறையில் ஒளிக் கதிர்களாக வெளிப்படுகிறது.

இயல்பு நிலைக்கு வந்துவிட்ட அணுக்கள் மீண்டும் ஆற்றலைப் பெற்று உயர்நிலையை அடைகின்றன. மீண்டும் இயல்பு நிலைக்குத் திருப்புகின்றன. இப்படி மாறி மாறி அணுக்களுக்கு ஆற்றல் தரப்படுகின்றவரை இது தொடர்ந்து நடைபெறுவதால் ஒளி தொடர்ச்சியாக

வெளிப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும்.

சுருங்கச் சொல்லின் ஆற்றலைப் பெற்ற அணுக்கள் உயர் ஆற்றல் மட்டத்தை அடைந்து மீண்டும் தமது இயல்பான நிலைக்குத் திரும்பி வரும்போது தாம் அதிகமாகக் கொண்டிருந்த ஆற்றலை ஒளியாக வெளியேற்றுகின்றன.

எல்லா அணுக்களும் ஒரே அளவு ஆற்றலைப் பெறுவது இல்லை. எனவே, அவை இயல்பு நிலைக்குத் திரும்பும்போது வெவ்வேறு அளவுள்ள ஆற்றலை வெளியிடுகின்றன. இந்த ஆற்றலின் அளவுக்கு ஏற்ப ஒளியின் அலைநீளமும் (Wave length) அலை எண்ணும் (Frequency) மாறுபடும். ஏனெனில்,

$E = hf$ இதில்,

E = ஆற்றல்

h = பிளாங்கின் நிலை எண் (Planks constants)

f = அலை எண்

எனவே, அதிக ஆற்றலை வெளியிட்டால் அதிக அலை எண்ணும் குறைந்த அலை நீளமும் கொண்ட ஒளி வெளிப்படும்.

ஏனெனில், நேர்வேகம் = அலை எண் x அலைநீளம்

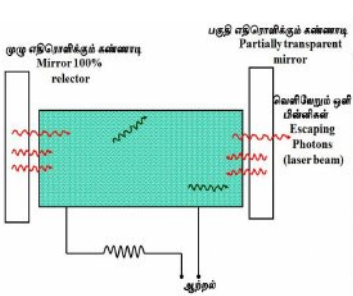
ஒளி அலைகள் அனைத்திற்கும் நேர்வேகம் நிலையானது. எனவே, அலை எண் அதிகமெனில் அலைநீளம் குறைகிறது என்று பொருள்.

இதுவே, வெவ்வேறு நிறங்கொண்ட ஒளி அலைகள் உண்டாவதற்குக் காரணம். ஆகவே அணுக்களின் ஆற்றல் மாற்றத்தால் உண்டாகும் ஒளி வெண்ணிறமுடையது. அதில் ஏழு வண்ண ஒளி அலைகளும் அடங்கியிருக்கும்.

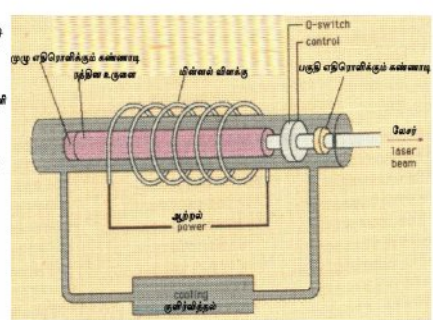
உயர் ஆற்றல் நிலையில் உள்ள அணுக்கள் தாமே தன்னிச்சையாக ஆற்றலை வெளியிடுவதற்கு மாறாக இந்த அணுக்களின் மீது ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம்

கொண்ட ஒளியை மோதச் செய்தால், அதே அலைநீளம் கொண்ட ஒளியை அவை வெளியிடும். அதோடு அவை ஒரே முகம் கொண்டவையாக (In phase) இருக்கும். இங்ஙனம், ஒரே முகமாக விளங்கும் ஒளி அலைகள் ஓரியல் (Coherent) ஒளி அலைகள் எனப்படும். இவ்வாறு உயர் ஆற்றல் நிலையில் உள்ள அணுக்களை ஒளி அலையால் தாக்கி ஒளியை வெளிப்படுத்தும் முறைக்கு எழுச்சியூட்டிய வெளிப்பாடு (Stimulated Emission) என்று பெயர்.

எழுச்சியூட்டிய, வெளிப்பாட்டின் மூலம் உண்டாகும் ஒரே அலை நீளமும் ஓரியல் தன்மையும் கொண்ட ஒளியே லேசர் எனப்படும். லேசர் (Laser) என்பது (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) என்பதன் சுருக்கமாகும். 1960 ஆம் ஆண்டில் மெய்மான் என்பவர் தான் முதன் முறையாக இரத்தினத்தைக் (Ruby) கொண்டு செந்நிற லேசர் ஒளியை உண்டாக்கினார். இதனை உருவாக்க 10 மி.மீ. விட்டமும், 100 மி.மீ. நீளமும் உள்ள உருளை வடிவிலான 0.05% குரோமியம் அடங்கிய இரத்தினக்கல் பயன்பட்டது. உருளையின் இருமுனைகளும் சமமாகவும், ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவும் இருப்பது அவசியமாகும். இதன் ஒரு முனையில் முழுதும் எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியொன்றும், மறுமுறையில் ஓரளவு எதிரொளிக்கும் கண்ணாடியும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். உருளையைச் சுற்றி, படம்-14.1.1 இல் காட்டப்பட்டிருப்பது போன்று ஒரு பளிச்சிடும் குழாய்விளக்கு (Flash Tube) அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம்-14.1.1



படம்-14.1.2

குழாய் விளக்கு விட்டுவிட்டு பளிச்சிடும்போது உருளையில் இருக்கும் குரோமியம் அணுக்கள் இந்த ஒளியால் உயர் ஆற்றல் நிலையை அடைகின்றன. குரோமிய அணுக்களின் இயல்பின் படி மிகு ஆற்றல் நிலையை அடைந்த அணுக்கள் உடனே கீழ் நிலைக்குப் போகாமல், ஒரு இடைப்பட்ட உயர் ஆற்றல் நிலையை அடைகின்றன. இந்த நிலையை அடைவதற்கும் அவ்வணுக்கள் ஓரளவு ஆற்றலை வெளிப்படுத்த வேண்டும். இது ஒளியாக இல்லாமல் வெப்ப ஆற்றலாக வெளிப்பட்டு இரத்தினக் கல்லின் வெப்பநிலையை உயர்த்துகிறது. உயர் ஆற்றல் மட்டத்தில் இருந்த எல்லா அணுக்களும் ஒரு திட்டவட்டமான இடைநிலையை அடைகின்றன என்பது குறிப்பிடத் தகுந்த ஒன்றாகும். மீண்டும் விளக்கு எரியும் போது மேலும் மேலும் கீழ்மட்டத்தில் இருக்கும் அணுக்கள் உயர் ஆற்றல் நிலையை அடைந்த பிறகு இடைநிலைக்கு வருகின்றன. ஒரு கட்டத்தில், இரத்தினத்தில் உள்ள அணுக்களில் பெரும்பாலானவை இடைநிலையில் இருக்கும். இந்த நிலையில் மீண்டும் மின் விளக்கு எரியும்போது அதில் இருந்து 5600A^0 அலைநீளம் (1 $A^0 = 10^{-10}$ m) உள்ள ஒளி அலைகள் குரோமியம் அணுக்களால் ஈர்க்கப்பட்டு உயர் ஆற்றல் நிலையை அடைகின்றன. (5600 A^0 அலைநீளம் கொண்ட ஒளி மட்டும்தான் குரோமியம் அணுவைத் தாக்கி உயர் ஆற்றல் நிலைக்கு உயர்த்த வல்லது). பிறகு உயர் மட்டத்தில் இருக்கும் அணுக்கள் தன்னிச்சையாகக் கீழ்நிலைக்கு வரும்போது பலவகை ஒளி அலைகளை வெளியிடுகின்றன. இதில் 6943 A^0 அலைநீளமுடைய ஒளியலைகள் மட்டும் உயர் மட்டத்தில் இருக்கும். இரத்தினக் கல்லின் அணுக்களைத் தாக்கி அதே அலைநீளம் கொண்ட ஒளியை ஒரே முகமாக வெளிப்படுத்துகின்றன.

ஒரே அலைநீளம் கொண்ட இவ்வொளி பல திசைகளிலும் தான்தோன்றித் தனமாகத் திரிந்து கொண்டிருக்கும். ஆனால் உருளையின் முனையில் இருக்கும் ஆடியை நோக்கிச் செல்லும் ஒளியலைகள் ஆடியில் பட்டு மீள்கின்றன. இவ்வொளி இரண்டு ஆடிகளுக்கும் இடையே பலமுறை அலைந்து, மேலும் மேலும் பல உயர்நிலை அணுக்களைத் தாக்கி மேலும்

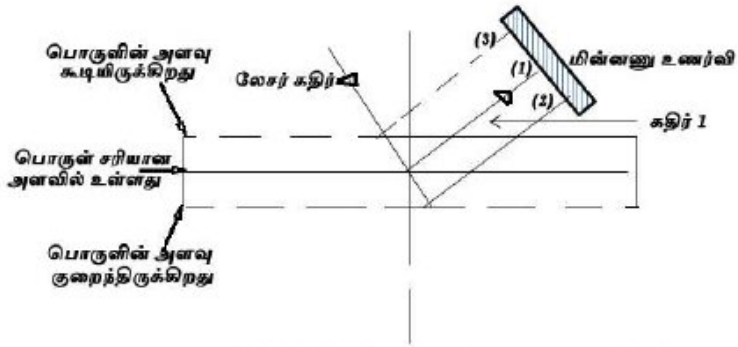
புதிய ஒளியை உண்டாக்கி இறுதியாக ஓரளவு கடத்தும் ஆடியின் வழியாக வெளியேறுகிறது. எனவே இறுதியாக வெளிப்படும் ஒளிக்கற்றை நெருக்கமாகவும், ஒரே அலைநீளமும், அதிர்வெண்ணும் ஓரியல் தன்மைக் கொண்டதாகவும், ஒரே முகம் கொண்டதாகவும் (Inphase) வெளியேறும், இதுதான் லேசர் ஒளி.

இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் லேசர் ஒளியை அதற்கேற்ற குவி வில்லைகளைப் (Converging lens) பயன்படுத்தி ஒரு சிறிய புள்ளியில் குவியுமாறு செய்வதால் லேசர் கற்றையின் அடர்த்தி, பல மடங்கு அதிகரிக்கின்றது. சாதாரண வெள்ளை ஒளியில் பல நிறம்கொண்ட (பல்வேறு அலை நீளம் கொண்ட) ஒளியலைகள் இருப்பதால் அவை ஒரு புள்ளியில் குவிவதில்லை. ஆனால் லேசரில் ஒரே ஒரு அலைநீளம் கொண்ட ஒளி மட்டும் இருப்பதால் ஒரே புள்ளியில் குவிக்க முடிகிறது. இதனைப் பலவகையில் பயன்படுத்தலாம்.

14.3 லேசர் மூலம் பொருளை அளவிடல்

14.3.1 பொருளின் எதிரொளிக்கும் தன்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு அளத்தல்

ஒரு பொருள் சரியான அளவாக இருக்கும் போது லேசர் ஒளிக்கதிர் அதன்மேல் பட்டு எதிரொளித்து ஒளிமின் உணர்வியின் நடுவில் விழும் (கதிர்-1). ஆனால் அப்பொருளின் அளவு சற்றுக் கூடுதலாகவோ, குறைவானதாகவோ இருந்தால் எதிரொளிக்கும் லேசர் ஒளிக்கற்றை நடுவில் விழாமல் சற்று தள்ளி வலப்புறமாகவோ (கதிர் 2) இடப்புறமாகவோ (கதிர் 3) விழும். மையத்திலிருந்து எவ்வளவு தள்ளி விழுகிறது என்பதைப் பொருத்து பொருளின் அளவு மாற்றத்தைக் கணக்கிட்டு விடலாம். ஒரு மி.மீ. அளவில் 500-க்கும் மேற்பட்ட ஒளிமின் உணர்விகளைப் பொருத்தும் அளவுக்குத் தொழில்நுட்பம் வளர்ந்திருக்கிறது. ஆகவே, மிகத் துல்லியமாக 1 மைக்ரான் (0.001மி.மீ) அளவுக்கும் குறைவான வேறுபாடுகளையும் இம்முறையினால் அளக்க முடியும்.



படம்-14.2 லேசர் மூலம் பொருளை அளவிடல்

14.3.2 இணை ஒளிக்கதிர் மூலம் அளவிடல்

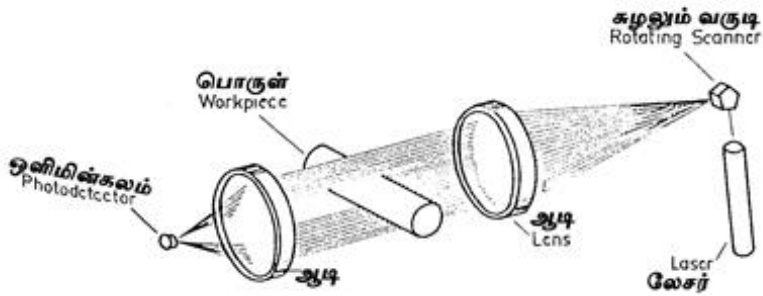
வருடும் லேசர் ஒளிக்கதிரை ஒரு இரண்டு இணை ஆடிகளின் வழியாக செலுத்தும்போது, இரண்டு ஆடிகளுக்கு நடுவில் ஒளிக் கற்றை உருவாக்கப்படும். ஆடியின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள லேசர் அமைப்பிலிருந்து புறப்படும் லேசர் ஒளிக்கதிர், ஒரு சுழலும் வருடும் (Rotating scanner) அமைப்பின் மூலம் செலுத்தப்படும்போது, அது ஆடியின் வழியாக மறுபக்கம் வைக்கப்பட்டுள்ள இன்னொரு இணை ஆடிக்கு சென்று, அதன் குவி மையத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு ஒளிமின்கலத்தின்மேல் விழும். சுழலும் விளக்கு ஒளிபோல, லேசர் ஒளி மேலிருந்து கீழ்வரை வருடிக் கொண்டே இருக்கும். அதனால், ஒளிமின் கலத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு மின்கலமும் ஒளியைப் பெற்று மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யும். ஒரு மின்கலத்தில் வரிசையாக பல ஒளிமின்கலங்கள் வரிசையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒரு மி.மீட்டரில் 500 மின்கலங்களை வைக்க முடியும்.

இப்பொழுது, இரண்டு ஆடிகளுக்கு நடுவில் ஒரு பொருளை வைத்தால், வருடும் லேசர் கதிரை அது தடுக்கும். ஆடிகளின் விட்டத்தைவிட பெரிய அளவு பொருளை வைத்தால், லேசர் ஒளி முழுமையாகத் தடுக்கப்பட்டு விடும். எனவே, ஒளிமின் கலங்கள் ஒளியை உணராது.

ஆனால், சிறிய பொருள்களை நடுவில் வைத்தால், அந்த பொருளின் அளவுக்கேற்ப, ஒளி தடுக்கப்படும். மீதி ஒளி மின்கலங்களை சென்றடையும். அங்குள்ள எத்தனை ஒளிமின்கலங்கள் ஒளியைப் பெற்றன; எத்தனை பெறவில்லை என்பதைப் பொறுத்து, பொருளின் அளவைக் கணக்கிட்டு விடலாம்.

ஒரு மி.மீட்டரில் 500 ஒளிமின் கலங்களை வைக்கமுடியும் என்பதால், குறைந்தது 2 மைக்ரான் துல்லியத்தில் பொருள்களை இதன்மூலம் அளக்கமுடியும். இந்த அமைப்பை மேலும் மேம்படுத்தி, ஒரு மைக்ரான் வரை துல்லியமாக பொருள்களை அளக்கலாம்.

ஒளிக்கதிர் பொருளை வருடி வருடி அளவெடுப்பதால், பொருள் சற்று அசைந்தாலும், அல்லது அதிர்ந்தாலும், அளவு வேறுபாடு தெரியாது என்பது இதன் சிறப்பம்சமாகும்.



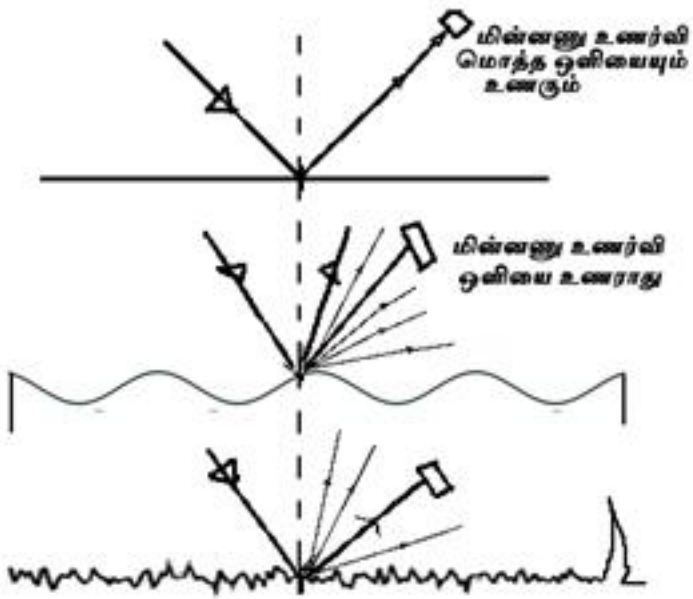
படம்-14.3 லேசர் ஒளிக்கதிர்மூலம் அளத்தல்

14.4 லேசர் மூலம் பரப்புத் தன்மையை அளவிடல்

லேசர் மூலம் ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பின் வழவழப்பு (Finish) அல்லது கரட்டுத் தன்மையை (Roughness) அளக்கமுடியும். இது ஒரு பரப்பின் எதிரொளிக்கும் தன்மையின் அடிப்படையிலமைந்ததாகும். ஒரு பொருள் வழவழப்பாக இருந்தால் கண்ணாடியைப் போல் எல்லா ஒளியையும் திருப்பி ஒரே திசையில் எதிரொளிக்கும். இதனை சீரான எதிரொளிப்பு என்று

கூறுவர் (Regular Reflection). ஆனால் அதே ஒளி ஒரு மேடு பள்ளம் நிறைந்த கரடுமுரடான பரப்பின் மேல் பட்டால் எல்லா திசைகளிலும் எதிரொளிக்கும். இதனை மங்கு (Diffused) எதிரொளிப்பு என்று கூறுவர்.

ஆகவே, ஒரு மின் உணர்வியை எதிரொளிக்கும் திசையில் வைத்தால் முழு எதிரொளிப்பின் போது எல்லா ஒளியையும் வாங்கிக் கொள்ளும். ஆனால் மங்கு எதிரொளிப்பின் போது கற்றையின் ஒரு பகுதியையே அது பெறும். இந்த ஒளியின் அளவைக் கொண்டு பரப்பின் தன்மையை அளக்கலாம்.



படம்-14.4 லேசர் மூலம் பரப்பின் சீர்மையை அளவிடல்

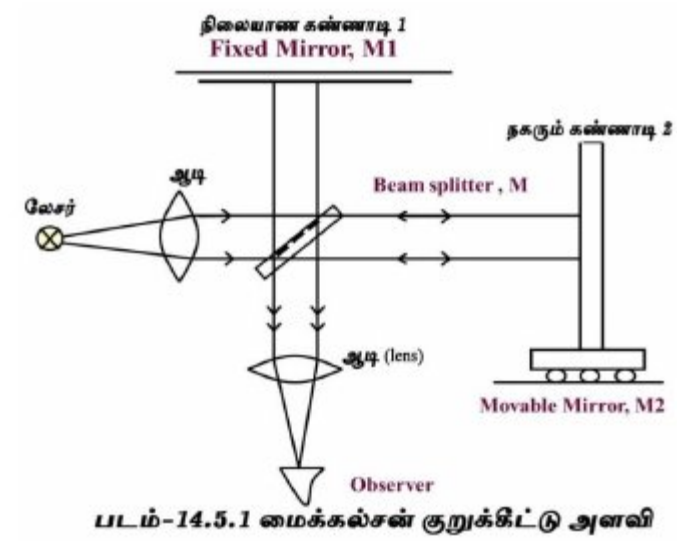
14.5 நீளத்தை அளத்தல்

இம்முறைகளில் ஒளியின் எதிரொளிக்கும் தன்மை அடிப்படையாக அமைந்திருக்கிறது. ஒரு பொருளின் நகரும் தொலைவையும் வேகத்தையும், திசையையும் இம்முறையில் அளப்பது கடினமாகும். அதற்கு

ஒளிகுறுக்கீட்டுக் கோட்பாடு (Light interference principle) பயன்படுகிறது.

14.5.1 அலைநீள முறை லேசர் குறுக்கீட்டு அளவி

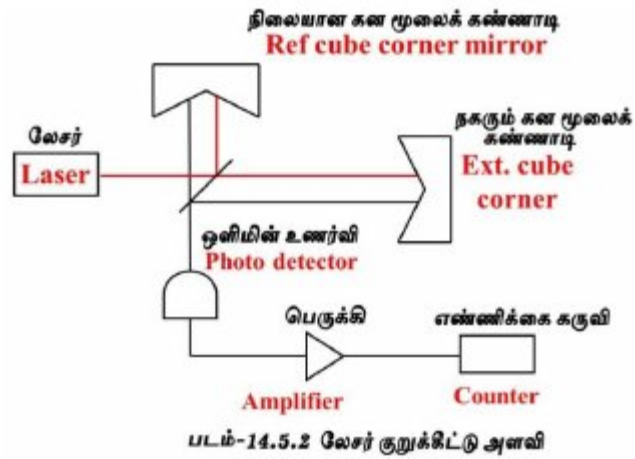
ஒரே அச்சில் இரண்டு ஓரியல் ஒளி மூலங்களையும் இருவேறு புள்ளிகளில் வைத்து அச்சுக்கெதிரே திரையை வைத்தால், இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் சந்திக்கும் முறையில் ஒளிப்பட்டை தோன்றுவதாகக் கொள்வோம். இப்பொழுது ஒரு ஒளி மூலத்தை மட்டும் அரை அலை நீளத்திற்குத் தள்ளி வைத்தால், திரையில் கருமைத்தோன்றும். ஒரு விளக்கை மட்டும் மெதுவாக நகர்த்திக் கொண்டே போனால், ஒவ்வொரு அரைஅலை நீளத்திற்கும் திரையில் ஒளியும் கருமையும் மாறிமாறித் தோன்றும். எத்தனைப் பட்டைகள் தோன்றின என்று கணக்கிட்டால், அதன் மூலம் விளக்கு எவ்வளவு தொலைவு நகர்ந்திருக்கிறது என்பதை எளிதாகக் கண்டுபிடித்துவிடலாம். இதன் அடிப்படையில் தான் மைக்கல்சன் ஒளி குறுக்கீட்டு அளவி (Michelson interferometer) அமைக்கப்பட்டது.



படம்-14.5.1 மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு அளவி

மைக்கல்சன் குறுக்கீட்டு அளவியில் லேசர் விளக்கிலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் பகுதி

எதிரொளிப்புக் கண்ணாடி வழியாகச் செல்லும்போது இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒரு ஒளிக்கதிர் செங்குத்தாகப் பிரிந்து கண்ணாடி 1-ல் பட்டு திரும்பி வரும். மற்றொரு ஒளிக்கதிர் நேராகச் சென்று கண்ணாடி 2-ல் பட்டு திரும்பி ஒளிபகுப்புக் கண்ணாடியின் வழியாக வரும்போது செங்குத்தாகத் திருப்பப்பட்டு கீழே வரும். அங்கே இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் சந்திருக்கும். இரண்டு ஒளிக்கதிர்களும் பயணம் செய்த தொலைவு வேறுபாடு இரட்டைப்படையான அரை அலைநீளமாக இருந்தால் ஒளியும், அதுவே ஒற்றைப்படையில் இருந்தால் கருமையும் தோன்றும். இப்பொழுது எதிராடி சற்று நகரும்போது பொலிவும் கருமையும் மாறி மாறி வெள்ளைக் கருப்புப் பட்டைகள் நகருவதைப் போல தோன்றும். இந்த ஒளிப் பட்டைகளை எண்ணி கணக்கிட்டு எதிராடி நகர்ந்த தொலைவைக் கணித்துவிடலாம்.



படம்-14.5.2 லேசர் குறுக்கீட்டு அளவி

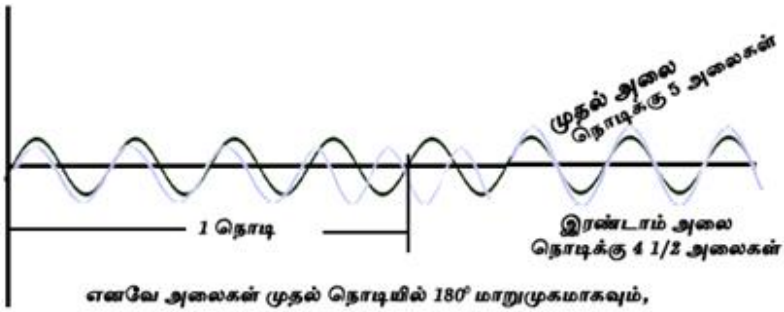
இதில் சாதாரண மின் விளக்குக்குப் பதிலாக லேசர் பயன்படுத்தப்பட்டது. லேசர், ஒரே அலைநீளமும் ஓரியல் தன்மையும் நீண்ட தொலைவுக்குச் செல்லும் ஆற்றலும் கொண்டது. அடுத்து சாதாரண பட்டை எதிராடிகளுக்குப் பதிலாக கனமூலை ஆடிகள் (Cube corner mirror) அல்லது பூனைக்கண் எனப்படும்

படிகங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. இவை ஒளியை இணையாக எதிரொளிக்கும் தன்மை கொண்டவை. மூன்றாவதாக ஒளி, கருப்பு வெள்ளை பட்டைகள் ஒளிமின் உணர்விகளால் (Opto electrical sensors) துல்லியமாக எண்ணி மின்னணுக் கருவிகளால் தொலைவு கணிக்கப்பட்டது. எதிராடி மிகவேகமாக நகர்ந்தாலும் கூட, தொலைவை இதன்மூலம் சரியாக கணக்கிட முடியும்.

14.5.2 இரு அதிர்வெண் லேசர் குறுக்கீட்டு அளவி

முன்னர் குறிப்பிட்ட மைக்கல்சன் ஒளி குறுக்கீட்டு அளவி அலை உயரத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. ஒளி அலை காற்றில் பயணம் செய்யும்போது அதன் அதிர்வெண் மாறாமலிருந்தாலும், காற்றின் அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அதன் (Refractive index) மாறுவதால் ஒளி வேகமும் மாறும். அதனால் அலை உயரமும் மாறும். ஆகவே, அலை உயரம் மாறுபட்ட இரண்டு ஒளியலைகள் சந்திக்கும்போது வெள்ளைக் கருப்புப் பட்டைகள் தெளிவாகத் தெரியாது. எனவே இந்தக் குறையைப் போக்க அதிர்வெண் (Frequency) அடிப்படையிலான குறுக்கீட்டுக் கருவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் இரண்டு சற்றே மாறுபட்ட அதிர்வெண்கள் கொண்ட இரு லேசர் ஒளிக்கதிர்கள் ஒன்றாக பயணிக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட அலை எண்ணிக்கைகளுக்குப் பிறகு ஒளி குறுக்கீடு நடைபெறுகிறது.

எத்தனை அதிர்வெண்களுக்குப் பிறகு இந்த குறுக்கீடு நடைபெறும் என்பதை இரண்டு அலைகளின் நீளத்தின் மூலம் எளிதில் கணக்கிட்டு விடலாம். எனவே, அலைகள் எவ்வளவு தூரம் பயணம் செய்திருக்கின்றன என்பதையும் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

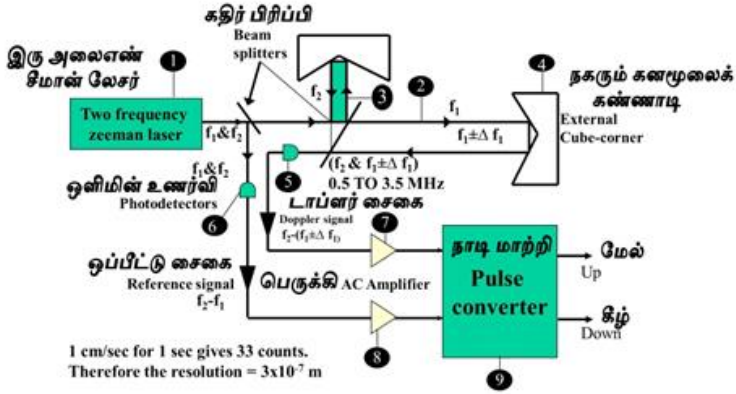


எனவே அலைகள் முதல் நொடியில் 180° மாறுமுகமாகவும்,
இரண்டாவது நொடியில் எதிர்முகமாகவும் குறுக்கிடும்.

14.6 அலைஎண் குறுக்கீடு

எடுத்துக்காட்டாக ஈலியம் நியான் லேசர் 5×10^{14} அலைவெண்ணுக்குப் பக்கமாக இரண்டு மாறுபட்ட அலைவெண்களை உற்பத்தி செய்கிறது. மாறுபட்ட தளநிலை முகங்கள் (Polarisation) கொண்ட இந்த இரண்டு அலைவெண்களுக்கு இடையேயுள்ள மாறுபாடு 2MHz ஆகும். ஆகவே, இந்த இரண்டு அலைகளுக்கும் உள்ள நேர வேறுபாடு (Time shift) மிகவும் குறைவே. இது முன்னர் குறிப்பிட்டது போல் ஒரு தட்டமாக இணையும்போது ஒளிக்கீற்று உண்டாகிறது.

இதுபோன்றே 1.25×10^{8} அலைகளுக்குப் பிறகு (0.25×10^{-6} sec) இரண்டு அலைகளுக்கு இடையிலான நேர வேறுபாடு கூடிக்கொண்டே வந்து அரை அலைநீள மாறுபாட்டை உண்டாக்குகிறது. ஆகவே, இங்கு இரண்டு அலைகளும் எதிர்த்தட்டமாக சந்தித்துக் கருமையை உண்டாக்குகிறது.



படம்-14.7 இரு அலைஎண் லேசர் அளவி

இப்படியே 2MHz வேகத்தில் ஒளிக்கீற்றுகள் தோன்றிக் கொண்டேயிருக்கும். இதன் அடிப்படையில் தான் இருஅலை லேசர் அளவி இயங்குகிறது. லேசர் சாதனத்திலிருந்து புறப்படும் f1, f2 என்ற இரண்டு ஒளி அலைகள் கதிர் பிரிப்பியை (Beam splitter) அடைகின்றன. அங்கு f1-ம், f2-ம் முதலில் எதிரொலிக்கப்படுவதோடு, நேராக சென்று இன்னொரு கதிர் பிரிப்பியை அடைகிறது. அங்க f2 மட்டும் தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டு எதிரொளிக்கப்படுகிறது. அது நேராகச் சென்று நிலையான கனமூலைக் கண்ணாடியை அடைந்து மீண்டு வருகிறது. அதே நேரத்தில் f1 நேராகச் சென்று நகரும் கனமூலை கண்ணாடியை அடைந்து மீண்டு வந்து f2-ல் இணைகிறது. கனமூலைக் கண்ணாடி அசையாமல் நிலையாக இருந்தால், எதிரொளிக்கும் f1-ல் எந்த மாற்றமும் நிகழ்வதில்லை. ஆனால் அது நகர்ந்தால் நகரும் வேகத்திற்கு ஏற்ப அலைவெண் f1 டாப்ளர் விளைவால் (f1 ± Δ f1) என்று மாற்றமடைகிறது.

ஆகவே, இந்த கதிர் திரும்பி வந்து குறுக்கீட்டு அளவியில் f2-ல் இணையும்போது முன்னர் குறிப்பிட்டதைப் போல் ஒளிக்குறுக்கீடு ஏற்படுகிறது. இதன் வேகம் 0.5 முதல் 3.5MHz ஆகும். ஆகவே, இந்த ஒளிப்பாதையில் உள்ள ஒளி மின் உணர்வி வேகத்திற்கு ஏற்ப 0.5 முதல் 3.5MHz அலைவெண் கொண்ட மின் அலைகளை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த

மின் அலை பன்மடங்காகப் பெருக்கப்பட்டு, ஒரு எண்ணிக்கை கணக்கிடும் கருவிக்கு அனுப்பப்படுகிறது. கனமலைக் கண்ணாடி நகராமல் இருந்தால் இது 0-வைக் காட்டும். ஆனால் அது நகர்ந்தால் மின் அலைகளைக் கணக்கிட்டு, நகர்ந்த தூரத்தைத் துல்லியமாகக் காட்டிவிடும். எடுத்துக்காட்டாக, கனமூலைக் கண்ணாடி 1cm/sec என்ற வேகத்தில் ஒரு வினாடி நகர்ந்தால் (1cm. தூரம்) 330000 துடிப்புகளை அது காட்டும் இதன் நுட்பம் 3 x 10^{14} மீ ஆகும். இந்த இரு அதிர்வெண் ஒளி குறுக்கீட்டு அளவி.

1. காற்றின் அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்பதம் ஆகியவற்றால் அதிகம் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
2. திசைவேகம், தூரம் ஆகியவற்றைத் துல்லியமாகக் காட்டும்.
3. லேசர் சாதனத்திலிருந்து விலகி இருப்பதால், அது லேசர் வெப்பத்தால் பாதிக்கப்படுவதில்லை.
4. ஒளி அமைப்புகளை மாற்றி, இந்த அமைப்பால் தூரம், சமதளம் நேர்க்கோட்டமைப்பு மூலவிட்டம் ஆகியவற்றைத் துல்லியமாக (200 மீ நீளத்திற்கு) அளக்க முடியும்.
5. பல அச்சுகளில் அளக்கும்.

14.6 லேசர் மூலம் எந்திரங்கள் சோதனை

14.6.1 உற்பத்தி எந்திரங்களின் தேவை

ஒரு உற்பத்தி எந்திரம் என்பது, உலோகம், போன்ற பொருள்களை நமக்கு வேண்டிய வடிவத்தில், தேவையில்லாத பகுதிகளை நீக்கி மாற்றித் தருவதாகும். ஒரு கடைசல் எந்திரம் (Lathe) உருளை வடிவ பொருள்களை உற்பத்தி செய்கிறது. இதில் பொருளை, ஒரு கவ்வியில் பிடித்துக் கொண்டு சுழற்ற, எந்திரத்தின் சேணத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள உளியைக் கொண்டு தேவையான அளவு பொருளை நீக்கலாம்.

இதுபோன்ற மற்ற எந்திரங்களிலும் பொருள் நீக்கப்படுகிறது. இதற்கு சில அடிப்படையான நகர்வுகள் தேவைப்படுகின்றன.

ஒரு கடைசல் எந்திரத்தில் – பொருள் சுற்றும்;

– உளி ஒரு பக்கத்திலிருந்து மற்றொரு பக்கத்திற்கு நகரும்.

ஒரு துருவல் எந்திரத்தில்,

(milling machine) – பொருள் ஒரு மேசையில் நிலையாக வைக்கப்பட்டு, மேசை x, y திசைகளில் நகரும்.

சாணை எந்திரத்தில்

(grinding machine) – உளி சுற்றும்.

எனவே, உளிக்கும், பொருளுக்கும் இடையில் ஏற்படும் நகர்வே உற்பத்திக்கு காரணமாகும். சில எந்திரங்களில் பொருள் சுற்றும், உளி நகரும் மற்றும். சில எந்திரங்களில், உளி சுற்றும்; பொருள் நகரும்.

ஒன்றைச் சார்ந்து மற்றொன்று எப்படி நகர்கிறது என்பதைப் பொருத்தே பொருளின் வடிவம் அமைகிறது. கடைசல் எந்திரத்தில், சுழலும் பொருள் அச்சுக்கு, இணையாக உளி நகர்ந்தால், உருளையான தண்டு கிடைக்கும். ஆனால், உளி சற்று சாய்வாக, கோணலாக நகர்ந்தால், ஒரு கூம்பு வடிவப் பொருளே கிடைக்கும்.

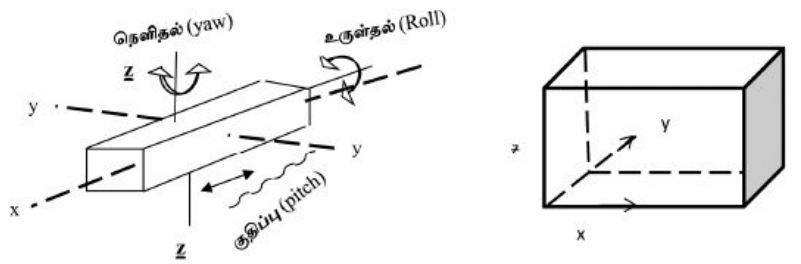
எனவே எந்த எந்திரமானாலும் அதில் உள்ள நகர்வுகள் சரியாக வரையறுக்கப்பட்ட வரம்புக்குள் இருக்க வேண்டும். குறிப்பாக, இன்றைய கணிப்பொறி சார்ந்த உற்பத்தி எந்திரங்களுக்கு இது சாலவே பொருந்தும்.

ஆகவே, எந்திரங்களின் பொருள் அல்லது உளி

ஆகியவற்றின் நகர்வுகளின் தொலைவை அளப்பதும், நகர்வுகளை எற்படுத்தும் இயக்கங்களைக் கண்காணிப்பதும், கட்டுப்படுத்துவதும் மிகவும் இன்றியமையான ஒன்றாகும்.

இதற்கு இரு அலை எண் லேசர் குறுக்கீட்டு அளவி பெரிதும் துணை செய்கிறது.

14.6.2 எந்திரங்களில் ஏற்படும் நகர்வுப் பிழைகள்



படம்-14.8 நகரும்போது ஏற்படும் பிழைகள்

ஒரு பொருள் x – x அச்சில் நகர்வதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது அது,

x – x அச்சில் நேராக செல்லாமல் தாவித்தாவி, ஒரு தவளையைப்போல, குதித்துச் செல்லலாம். இதனை குதிப்பு (Pitch) என்கிறோம்.

x – x அச்சில் நேராகச் சென்றாலும் பக்கவாட்டில் உருண்டு உருண்டு சென்றால் அதை உருள்தல் என்கிறோம். உருள்பிழை என்பது, x – அச்சில் சுழல்வது.

x – x அச்சுக்கு நேராக செல்ல வேண்டிய பொருள், ஒரு பாம்பைப்போல வளைந்து வளைந்து சென்றால், அதனை பக்கம் வளைதல் (Yaw) (அ) நெளிதல் என்கிறோம்.

நெளிதல் என்பது z – அச்சில் சுழல்வது.

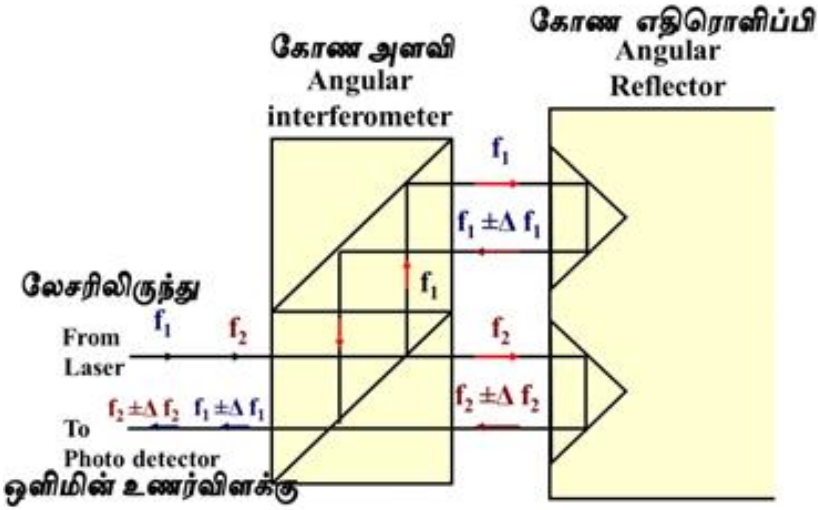
எனவே, இந்த நகர்வுப் பிழைகளை சரியாக அளக்க வேண்டியது அவசியமாகும்.

14.6.3 கோணத்தை அளக்கும் இரு அலை எண் லேசர் குறுக்கீட்டுமானி

இரு அலை எண் லேசர் குறுக்கீட்டு மானியைக் கொண்டு, நகரும் தூரத்தை அளக்கலாம் என்பதை ஏற்கனவே கண்டோம். ஆனால் குதிப்பு, உருள், நெளிதல் ஆகிய பிழைகளை அளக்க, நகரும் கோணத்தையும் அளக்கவேண்டும். இதற்கு லேசர் கோண அளவிகள் பயன்படுகின்றன.

ஒரு இரு அலை எண் லேசர் குறுக்கீட்டு மானியில் நிலையாக உள்ள ஒரு கண்ணாடிக்கும், நகரும் ஒரு எதிரொளிக்கும் கண்ணாடிக்கும் இடையில் ஏற்படும் ஒளிக்கதிர் மாற்றமே, தூரத்தை அளக்க பயன்படுகிறது.

இப்பொழுது நிலை கண்ணாடி அமைப்பில், ஒன்றன்மேல் ஒன்றாக இரண்டு கண்ணாடிகளும், எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி அமைப்பிலும், ஒன்றன்மேல் ஒன்றாக இரண்டு கண்ணாடிகளும் அமைக்கப்பட்டிருந்தால் என்ன ஆகும்?



படம்-14.9 கோணம் அளத்தல்

எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி அமைப்பு நகரும்போது, முன்னும் பின்னும் சாய்ந்தால், கீழ் இருக்கும் கண்ணாடியைப் பொருத்து, மேலிருக்கும் கண்ணாடி எவ்வளவு சாய்ந்திருக்கிறது என்பதை இந்த கருவி கணித்துவிடும். இதிலிருந்து கோணத்தைக் கண்டறியலாம்.

கோணம் தெரிந்தால், எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி அமைப்பின் அடிமனையின் முதல் முனைக்கு ஏற்ப, அடுத்த முனை எவ்வளவு உயர்ந்திருக்கிறது, அல்லது தாழ்ந்திருக்கிறது என்பதை கணக்கிடலாம்.

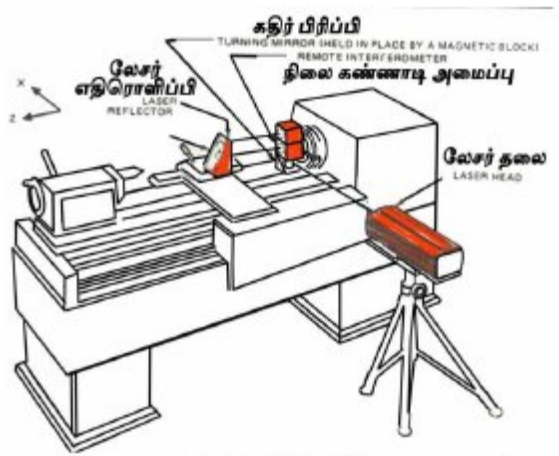
இந்தக் கோணத்தை x, y, z என்ற எந்த திசையிலும் கண்டறியலாம். அதற்கு செய்ய வேண்டியதெல்லாம், லேசர் கருவியின் நிலையான மற்றும் நகரும் கண்ணாடி அமைப்புகளின் நிலையை சரியாக வைப்பது தான்.

எடுத்துக்காட்டாக, கண்ணாடி அமைப்பை நேராக, வைத்து அளந்தால் குதிப்புப் பிழையைக் கண்டறியலாம். அதையே பக்கவாட்டில் வைத்தால்

நெளிதல் பிழையைக் (Yaw) கண்டறியலாம். நகரும் அச்சுக்கு செங்குத்தாக வைத்தால் உருள்பிழையைக் (Roll) கண்டறியலாம்.

14.6.4 எந்திரங்களை சோதனையிடல்

ஒரு கடைசல் எந்திரத்தில், சேணம் நகரும்போது ஏற்படும் குதிப்புப் பிழையை (Pitch error) கண்டறிய லேசர் அமைப்பை நிறுத்தவேண்டிய முறை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பில் நிலையான கண்ணாடி அமைப்பு, எந்திரத்தின் கவ்வியில் (Chuck) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதில் லேசர் ஒளியை 900 திருப்பக் கூடிய அமைப்பும் உள்ளது. அதற்கு எதிரே சேணத்தின் மேல் (Saddle) நகரும் கண்ணாடி அமைப்பு நிற்க வைக்கப்பட்டுள்ளது.

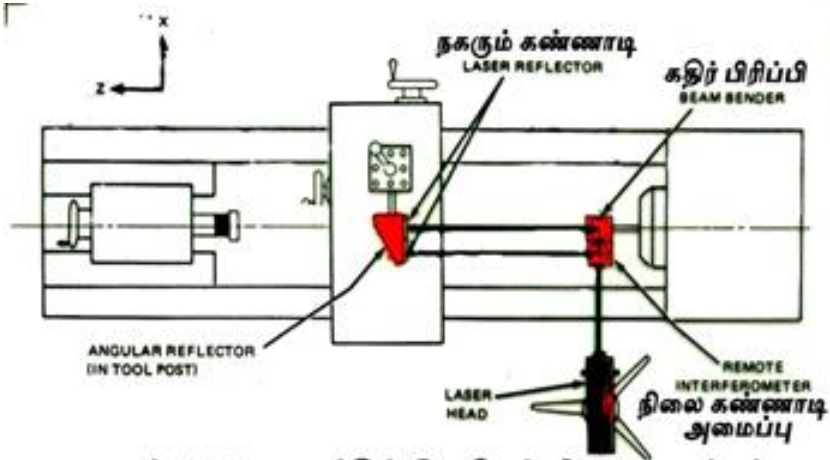


படம்-14.10 Z-அச்சில் குதிப்புப்பிழையை அளத்தல்

லேசர் ஒளி நிலை கண்ணாடி அமைப்பை அடைந்து, அங்கிருந்து 90^0 திருப்பப்பட்டு, நகரும் கண்ணாடி அமைப்பை அடைகிறது. அங்கிருந்து எதிரொளிக்கப்பட்டு, மீண்டும் நிலை கண்ணாடி அமைப்பை அடைந்து, ஒளிகுறுக்கீடு மூலம் கோணம் கண்டறியப்படுகிறது.

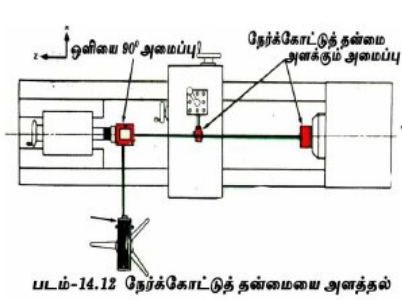
ஒரு கடைசல் பொறியில் z- அச்சு என்பது உளியின்

அச்சு ஆகும். இந்த அச்சில் நெளிதல் பிழை (yaw)யைக் கண்டறியும் அமைப்பு படம்-14-11ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு நகரும் கண்ணாடி அமைப்பும், நிலை கண்ணாடி அமைப்பும் எப்படி மாறியிருக்கிறது என்பதை நோக்கவும். அவை செங்குத்தாக இல்லாமல், கிடையாக படுக்கவைக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, சேணம் நகரும்போது, x-அச்சை சார்ந்து திரும்புவதால், z-அச்சில் நெளிதல் பிழை அளக்கப்படுகிறது.

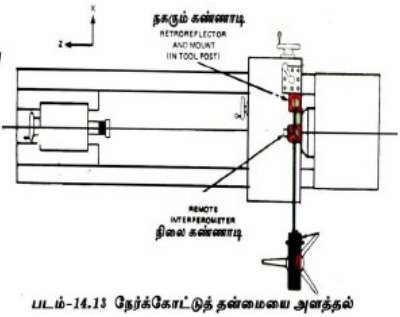


படம்-14.11 z-அச்சில் நெளிதல் பிழை அளத்தல்

z- அச்சில் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்கப் பயன்படும் அமைப்பு படம் 14-12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதேபோல் சேணத்தின் நகர்வையும் சரிபார்க்கும் அமைப்பு படம் 14-12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-14.12 நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்



படம்-14.13 நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளத்தல்

x-அச்சில் தொலைவை அளக்கப் பயன்படும் அமைப்பு படம் 14-13-ல் காடடப்பட்டுள்ளது.

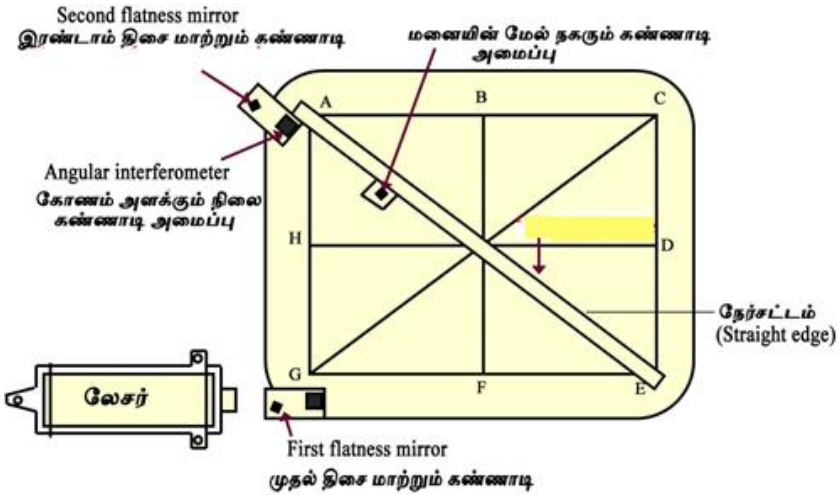
14.7 பொருள்களின் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை, தட்டைத் தன்மையை லேசர்மூலம் அளத்தல்

ஒரு தானிணை ஒளிமானியின் மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை (straightness)-யும், தட்டைத் தன்மையையும் அளப்பது போலவே, லேசர் கொண்டும் இவற்றை அளக்கலாம். அதற்கான செய்முறை அமைப்பு படம்-14.14-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

லேசர் அமைப்பு G-என்ற மூலவையில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. கோணம் அளக்கும் அமைப்பைக்கொண்டு, GE என்ற கோட்டில் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை நேரடியாக அளந்து விடலாம். பிறகு லேசர் ஒளியின் குறுக்கே, G-மூலைக்கு சற்று வெளியே, 900 ஒளி திசைமாற்றும் அமைப்பைக் கொண்டு AG என்ற கோட்டில் அளக்கலாம். இதேபோல், திசைமாற்றும் அமைப்பை நகர்த்தி, FB என்ற கோட்டிலும், EC என்ற கோட்டிலும் அளக்கலாம். பின்னர் திசைமாற்றும் அமைப்பை G -மூலையில் வைத்துக்கொண்டும், இன்னொரு திசைமாற்றும் அமைப்பை H-முனையில் வைத்துக் கொண்டும், HD என்ற கோட்டிலும், H -முனையில் இந்த திசைமாற்றும் அமைப்பை A-மூலைக்கு நகர்த்தி AC -என்ற கோட்டிலும் அளக்கலாம். இதேபோல், திசைமாற்றும் அமைப்புகளைப் பயன்படுத்தி, AE, GC, BF என்ற கோடுகளிலும் அளக்கலாம்.

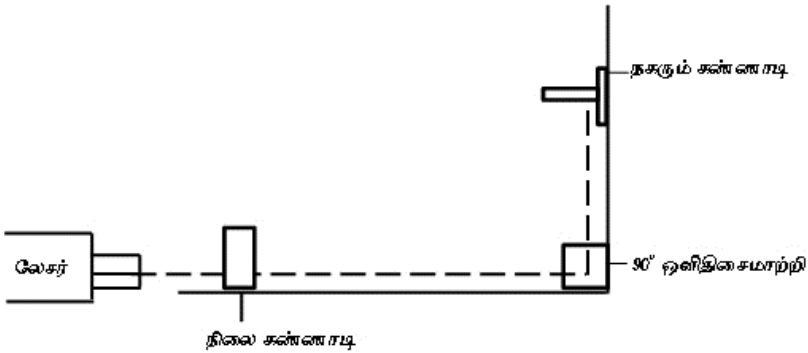
நகரும் கண்ணாடி அமைப்பை ஒரு நேர்க்கோட்டில் நகர்த்துவதற்காக நேர்சட்டம் பயன்படுகிறது.

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை இக்கோடுகளில் அளந்த பிறகு பரப்பின் தட்டைத் தன்மையை கணக்கிடலாம். (பார்க்க- பாடம்-14)



படம்-14.14 தட்டைத் தன்மையை அளத்தல்

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளப்பதைப்போலவே, செங்குத்துத் தன்மையையும் (squareness) அளக்கலாம். (படம் 14.15)



படம்-14.15 செங்குத்துத் தன்மையை அளத்தல்

குறுவினாக்கள்

1. அளவையியலில் லேசரின் தேவை என்ன?
2. ஆற்றலின் சிறுமக் கோட்பாடு என்ன?
3. ஒளியின் ஒரியல் பண்பு என்றால் என்ன?
4. அளவையியலின் லேசர் எவ்வாறு பயன்படுகிறது?
5. ஒளியின் எதிரொளிக்கும் தன்மையைக் கொண்டு அளவுகள் அளப்பதின் அடிப்படை என்ன?
6. பரப்பின் சீர்மையை லேசர் மூலம் அளப்பதின் அடிப்படை என்ன?
7. கன மூலை கண்ணாடியின் சிறப்பு என்ன?
8. இரு அதிர்வெண் லேசர் குறுக்கீட்டு அளவியின் அடிப்படை என்ன?
9. எந்திரங்களில் ஏற்படும் நகர்வு பிழைகள் என்ன?

நெடுவினாக்கள்

1. லேசர் என்பது என்ன? அதன் அடிப்படையை விளக்குக? அதன் நன்மைகள் என்ன?
2. லேசர் மூலம் பொருள்களின் அளவுகளை அளப்பதின் அடிப்படைகளை விளக்கி, அளக்கும் முறைகளை உரிய படங்களுடன் விளக்குக.
3. ஒளியின் எதிரொளிக்கும் தன்மையைக் கொண்டு அளவுகள் எவ்வாறு அளக்கப்படுகின்றன?
4. இணை ஒளிக்கதிர் அளவுகள் எவ்வாறு

அளக்கப்படுகின்றன?

5. லேசர் குறுக்கீட்டு அளவியின் முக்கிய கூறுகளையும், அது சாதாரண குறுக்கீட்டு அளவியிலிருந்து எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதையும் விளக்குக.
6. இரு அதிர்வெண் லேசர் குறுக்கீட்டு அளவியின் செயல்பாட்டை விளக்குக? அதன் நன்மைகள் யாவை?
7. கோணத்தை அளக்கும் இரு அதிர்வெண் லேசர் குறுக்கீட்டு அளவியின் செயல்பாட்டை விளக்குக.
8. ஒரு கடைசல் எந்திரத்தின் நகர்வுப் பிழைகளை லேசர் மூலம் அளக்கும் முறைகளை விளக்குக.
9. பொருள்களின் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை, தட்டைத் தன்மையை லேசர் அளக்கும் முறைகளை விளக்குக.

2

செய்முறை அளவையியல்

15

நுண்ணளவியை அளவீடு செய்தல்

1. நுண்ணளவியை அளவீடு செய்தல்

CALIBRATION OF A MICROMETER

1.1 நோக்கம் **:**

ஒரு நுண்ணளவியை நழுவுக் கடிகைகள் கொண்டு அளவீடு செய்தல்

1.2 தேவையான கருவிகள் **:**

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	நுண்ணளவி	0 – 25 மி.மீ	0.01 மி.மீ
2.	நழுவுக்கடிகை	0 – 100 மி.மீ	தரம் – I
3.	நுண்ணளவி – தாங்கி		–

1.3 கோட்பாடு **(Theory)**

நுண்ணளவி ஒரு துல்லியமாக அளக்கும் கருவி. இது ஒரு திருகாணியைக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. எனவே திருகாணியில் ஏற்படும் பிழைகள் நுண்ணளவியின் துல்லியத்தை கெடுக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக ஒரு திருகாணியின் புரியிடைத் தூரம் (Pitch) சரியாக இல்லாமல், சரியான அளவுக்கு சற்று கூடவோ, குறைவாகவோ இருந்தால், திருகாணி நகரும் தொலைவு வேறுபடும். 0.5 மி.மீ இருக்கவேண்டிய புரியிடைத்தூரம், 0.49 மி.மீ என்று இருந்தால், 10 சுற்றுக்கு அது 5 மி.மீ.-க்கு பதிலாக, 4.9 மி.மீ மட்டுமே நகர்ந்திருக்கும். இதேபோல், 0.51 மி.மீ. என்று இருந்தால்,

5.1 மி.மீ நகர்ந்திருக்கும். எப்படியிருந்தாலும் 0.1 மி.மீ பிழை ஏற்படும். சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க அதிகரிக்க, இந்த பிழையும் கூடும் அல்லது குறையும். எனவே இதனை வளர்பிழை (Progressive Error) என்கிறோம்.

இதேபோல், திருகாணியின் ஒரு புரியில் ஏதோ ஒரு இடத்தில் ஒரு பிழை ஏற்பட்டால், அதனால், ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் இந்த பிழை திரும்பத்திரும்ப வந்து கொண்டே இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் இப்பிழை ஏற்படுவதால் இதனை நேரப்பிழை (Periodic Error) என்கிறோம். ஏற்கனவே குறிப்பிட்டுள்ள படி, ஒரு திருகாணியின் குடிகாரப்பிழையும் (Drunken Error) இதற்குக் காரணமாகும்.

இவை தவிர, ஒரு நுண்ணளவியின் பணைகள் ஒன்றோடு ஒன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் போது, அளவு 0 – காட்டவேண்டும். அப்படியில்லாமல், வெறொரு அளவைக் காட்டினால் அதனை 0-பிழை (Zerro Error) என்கிறோம். பணைகளில் தேய்வு, அளவு குழாய் சரியாக பொருத்தப்படாமல் இருத்தல் ஆகியவை இதற்குக் காரணங்களாக அமையும்.

இத்தகைய பிழைகளைக் கண்டறிந்து, அவற்றை நீக்கி, சரியான அளவைக் காண்பது மிகவும் முக்கியமாகும். இதற்கு இந்த அளவீடு பயன்படுகிறது.

வளர்பிழையைக் கண்டறிய 2.5 மி.மீ. இடைவெளியிலும், நேரப்பிழையைக் கண்டறிய 0.10 மி.மீ இடைவெளியிலும் அளவீடு செய்ய வேண்டும்.

1.4 வழிமுறை **(Procedure)**

1. நுண்ணளவியை ஒரு தாங்கியில் பொருத்தவும்.
2. 0-பிழை இருக்கிறதா என்பதை சரிபார்க்கவும். இருந்தால், அளவு குழலை சரிசெய்யவும்.
3. நழுவுக் கடிகைகளை சுத்தம் செய்து கொள்ளவும்.
4. முதலில் ஒரு 2.5 மி.மீ. நழுவுக்கடிகையை, நுண்ணளவியின் பணைகளுக்கு நடுவில் வைத்து, அளவை குறித்துக் கொள்ளவும்.

5. நுண்ணளவியை அளவீடு செய்யும் போது, அளக்கும் அழுத்தம் ஒரே சீராக இருக்கவேண்டும். எனவே நழுவுத்திருகை (Ratchet) பயன்படுத்தி, மூன்று 'கிளிக்' ஓசை கேட்கும்படி, எப்பொழுதும் அழுத்தம் கொடுக்க வேண்டும்.
6. அடுத்து 5.00 மி.மீ, 7.5 மி.மீ, 10 மி.மீ என 25 மி.மீ வரையான நழுவுக்கடிகைகளின் அளவுகளுக்கு நுண்ணளவியின் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
7. நுண்ணளவியின் நேரப்பிழையைக் கண்டறிய, 0.1 மி.மீ. இடைவெளியில் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதற்கு இரண்டு 1.00 மி.மீ நழுவுக்கடிகைகளை சேர்த்து முதலில் அளவு குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு 1.00 மி.மீ நழுவுக்கடிகையை எடுத்துவிட்டு, 1.1 மி.மீ. நழுவுக்கடிகையை சேர்த்து, அளவு எடுக்கவேண்டும். இப்படி, 2.00 மி.மீ, 2.1 மீ, 2.2 மி.மீ என 2.5 மிமீ வரை அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.
8. தேவைப்பட்டால் இந்த வழிமுறையை 10 மி.மீ முதல் 12.5 மி.மீ வரையான அளவுகளுக்கு திரும்பச் செய்யலாம்.
9. இந்த அளவுகளை எடுத்து கொண்ட பிறகு, வளர் பிழைகளையும்,

காலப்பிழைகளையும் கணக்கிடவும்.

1. இந்த பிழைகளை ஒரு வரைபடத்தில் குறிக்கவும்.
2. இந்த வரைபடத்திலிருந்து, மொத்த பிழையைக் (Cumulative Error) கண்டறியலாம்.

1.5 மாதிரி அட்டவணை

1.5.1 வளர்பிழை

நாள் : நேரம்:

அறைவெப்பநிலை (Temp) ஈரப்பதம் : %

(Humidity)

அழுத்தம் (Pressure)

நழுவுக்கம்பி அளவு	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
நுண்ணளவி அளவு	2.50	5.01	7.52	10.03	12.52	15.00	17.51	20.01	22.52	25.01
பிழை (Error)	0	+10	+20	+20	+30	+20	+30	+10	+10	+20	+10

1.5.2 நேரப்பிழை

முதல் சோதனை

நழுவுக்கம்பி அளவு மி.மீ	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
நுண்ணளவி அளவு மி.மீ	2.00	2.10	2.21	2.31	2.40	2.50
பிழை மை.மீ	0	0	10	10	0	0

இரண்டாம் சோதனை

நழுவுக்கம்பி அளவு மி.மீ	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5
நுண்ணளவி அளவு மி.மீ	10.0	10.1	10.21	10.31	10.40	10.5
பிழை (மை.மீ)	0	0	10	10	0	0

1.6 மாதிரி கணக்கீடு

மொத்த பிழை = வளர்பிழை + நேரப்பிழை

நுண்ணளவியின் 2.20 மி.மீ அளவுக்கு

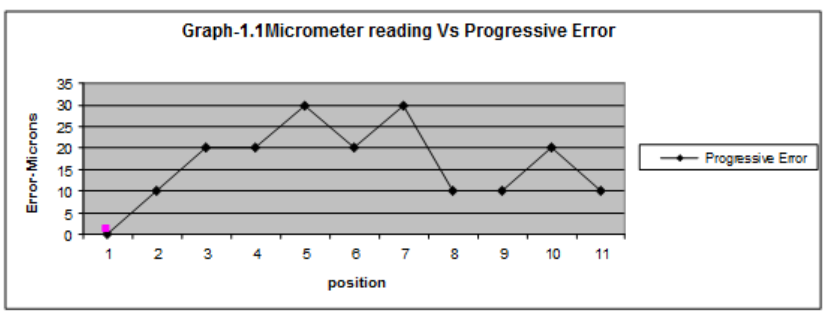
வளர்பிழை = $\frac{10}{25} \times 2.2 = 8.8\ \mu m$

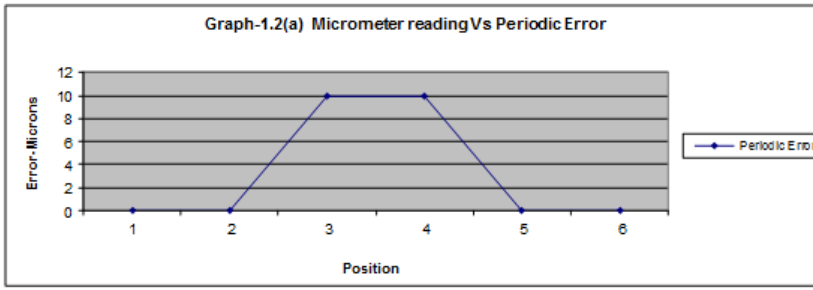
நேரப்பிழை

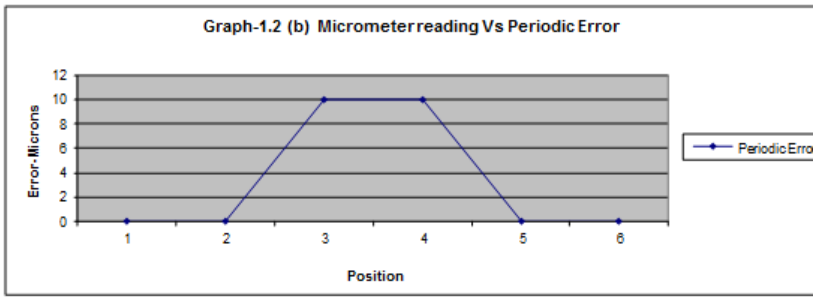
0.2 மி.மீ-க்கு = + 10 μm

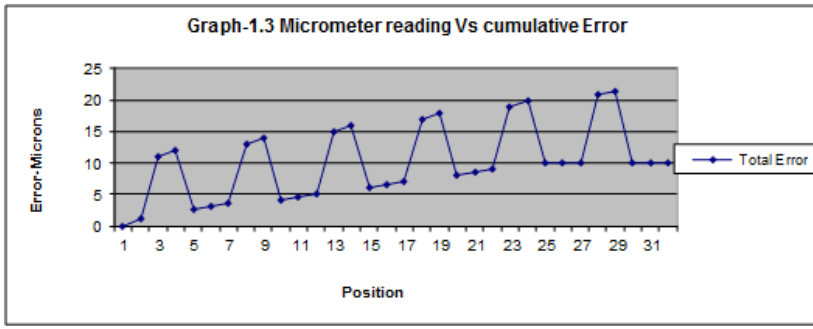
அதனால், மொத்தபிழை = 8.8 + 10 = + 18.8 μm

1.7 வரைபடங்கள்




Graph-1.2(a) Micrometer reading Vs Periodic Error
Error-Microns
12
10
8
6
4
2
0
1
2
3
4
5
6
Position
Periodic Error


Graph-1.2 (b) Micrometer reading Vs Periodic Error
Error-Microns
12
10
8
6
4
2
0
1
2
3
4
5
6
Position
Periodic Error



1.8 முடிவு **(Result)**

1.9 தெரிவு **(Inference)**

16

முகப்பு மானியை அளவீடு செய்தல்

1. முகப்பு மானியை அளவீடு செய்தல்

CALIBRATION OF A DIAL GAUGE

2.1 நோக்கம் **:**

ஒரு முகப்பு மானியை நழுவுக்கடிகைகள் கொண்டு அளவீடு செய்தல்.

2.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	நழுவுக்கடிகை	1-100 மி.மீ.	தரம் – I
2.	முகப்புமானி தாங்கி	–	–
3.	முகப்புமானி	0-10 மி.மீ	0.01 மி.மீ

2.3 கோ ட்பாடு

முகப்புமானி என்பது துல்லியமாக அளவிடப் பயன்படும் கருவியாகும். எனவே அவற்றின் செயல்பாடு சில தரக்கட்டுப்பாட்டுக்குள் இருக்கவேண்டும். பிழைகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்கு குறைவாகவே இருக்கவேண்டும். அத்தகைய பிழை அளவுகள் கீழே அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன (IS 209 – 1962)

இங்கு பரவல் (dispersion) என்பது ஒரே நேரத்தில், ஒரே அளவு நழுவுக் கடிகைகள் கொண்டு, ஒரே சூழ்நிலையில், எடுக்கப்பட்ட அளவுகளுக்கிடையிலான வேறுபாடு.

எடுத்துக்காட்டாக, 5 மி.மீ நழுவுக்கடிகையை கொண்டு, அளவு எடுத்தால், முதலில் 5.01 மி.மீ என்றும், அழுத்த அளவு 5.00 என்றும், மூன்றாம் அளவு 5.02 என்றும் காட்டினால், இந்த அளவுகளுக்கு இடையிலான வேறுபாட்டைக் கொண்டு பரவல் கணக்கிடப்படுகிறது.

முகப்புமானியில் ஏற்கப்பட்ட பிழை அளவுகள்								
தரப்பாடு	ஏற்கப்பட்ட பிழைகள் (முகப்பு மானியின் அச்சு மேலே உயரும்போது)						பரவல் (dispersim) மை.மீ	திரும்பு இடைவெளி (Reverse Interval) மை.மீ
	பகுதி	மொத்த அளவு எல்லை (Total Meaning Range)						
	அளவு எல்லை 0.1 மி.மீ	1 மி.மீ	2 மி.மீ	3.00 மி.மீ	5.00 மி.மீ	10.00 மி.மீ		
A	5	6	7	10	12	15	± 1	3
B	8	11	13	15	20	25	± 2	5

பரவல் = $\pm \sqrt{\frac{(xi-\bar{x})2}{n-1}}$

$xi =$ இங்கு குறிப்பிட்ட அளவு

$\overline{x} =$ குறிப்பிட்ட அளவுகளின் சராசரி

n = எடுத்த அளவுகளின் எண்ணிக்கை

திரும்பு இடைவெளி (Reverse Intervel) என்பது, ஒரே அளவு நழுவுக்கடிகைகளைக் கொண்டு, அச்சு கீழிருந்து மேலே நகரும்போது ஒரு முறையும், அச்சு மேலிருந்து கீழே வரும்போது ஒருமுறையும் எடுத்த அளவுகளுக்கு இடையிலான வேறுபாடு ஆகும்.

இப்பிழையைக் கண்டறியவும், குறைந்தது 10

அளவுகள் எடுக்கப்படவேண்டும்.

2.4 வழிமுறை

2.4.1 பிழை கண்டறியும் வழிமுறை

1. முகப்புமானியைத் தாங்கியில் பொருத்தவும்.
2. ஒரு 10 மி.மீ நழுவுக்கடிகையையும், ஒரு 1 மி.மீ நழுவுக்கடிகையையும் சேர்த்து, 11 மி.மீ நழுவுக்கடிகையை உருவாக்கிக் கொள்ளவும்.
3. இதனை முகப்புமானி தாங்கியின் மனையின் மேல் பொருத்திக் கொள்ளவும்.
4. தாங்கியின் உயர்த்தும் அமைப்பின் மூலம், முகப்பு மானியின் அச்சுமுனை நழுவுக் கடிகையை தொட்டு, முகப்பு மானியில் – 0 அளவு இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ளவும், முகப்பு மானியின் முகப்புத்தட்டை சற்றே சுற்றி, இந்த 0-அளவைக் கொண்டு வரலாம்.
5. பிறகு 11 மி.மீ நழுவுக்கடிகையை அந்த இடத்திலிருந்து எடுத்துவிட்டு, அதில் 1 மி.மீ. கடிகையை நீக்கிவிட்டு, 1.1 மி.மீ கடிகையைப் பொருத்தி, மீண்டும் மனையின் மேல் வைத்து, முகப்புமானியின் அச்சு மெதுவாக அதனைத் தொடுமாறு செய்யவும்.
6. முகப்புமானியின் முள் நிலைபெற்றதும், அளவு குறித்துக் கொள்ளவும்.
7. இந்த வழிமுறையையே ஒவ்வொரு முறையும் 0.1 மி.மீ உயர்த்தி, 10 மி.மீ வரை அளவு குறித்துக் கொள்ளவும்.
8. இப்பொழுது, நழுவுக்கடிகையின் அளவுக்கும், முகப்பு மானியின் அளவுக்கும் இடையில் உள்ள வேறுபாட்டைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

பிழை = ± (நழுவுக்கடிகை அளவு – முகப்புமானி அளவு)

1. நழுவுக்கடிகைக்கு ஏற்ப மாறும் பிழையை ஒரு வரைபடத்தில் குறிக்கவும்.
2. இதில் அதிகபட்ச நேர்பிழையையும் (Positive error) குறைந்தபட்ச எதிர்பிழையையும் (Negative error) கண்டறியவும்.

3. அதிகபட்ச அளவிலும், குறைந்த பட்ச அளவிலும் 0.01 மி.மீ இடைவெளியில், 0.1 மி.மீ வரை மீண்டும் அளவுகளை எடுத்து குறித்துக் கொள்ளவும்.
4. இந்த அளவு பிழைகளையும் வரைபடமாக குறிக்கவும்.
5. இப்பொழுது அதிகபட்ச அளவுக்கும், குறைந்தபட்ச அளவுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை கண்டறியவும். இதுவே முகப்புமானியின் முழு அளவுக்கான பிழையாகும்.

2.4.2 பரவல் பிழை கண்டறிய

1. ஒரு 5.00 மி.மீ நழுவுக்கடிகையைத் தேர்ந்தெடுக்கவும்.
2. இதனை மனையின்மேல் பொருத்திக்கொண்டு, முகப்பு மானியின் அச்சுமுனை அதனைத் தொடுமாறு சரி செய்து கொண்டு அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவும்.
3. இப்பொழுது, அச்சை மேலே உயர்த்தி, மெதுவாக கடிகையின் மேல் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுத்துக்கொள்ளவும்.
4. இந்த வழிமுறையை 10 முறை செய்து அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
5. இந்த அளவுகளைக் கொண்டு பரவலைக் கணக்கிடவும்.

2.4.3 திரும்பு இடைவெளியைக் கண்டறிய

1. ஒரு 5 மி.மீ நழுவுக்கடிகையை எடுத்துக்கொண்டு, மனையின் மேல் பொருத்திக் கொள்ளவும்.
2. இப்பொழுது, அச்சு முனையை மெதுவாக கீழிருந்து மேலே உயர்த்தி நழுவுக்கடிகையைத் தொடுமாறு வைத்து, அளவு எடுத்துக்கொள்ளவும்.
3. பிறகு, அச்சு முனையை மேலே உயர்த்திக்கொண்டு மெதுவாக மேலிருந்து கீழே இறக்கி, கடிகையைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுத்துக் கொள்ளவும்.
4. இந்த வழிமுறையை 10 முறை செய்து, அளவு வேறுபாடுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
5. இந்த அளவு வேறுபாடுகளின் சராசரியே திரும்பு இடைவெளி எனப்படும்.

2.5. மாதிரி அட்டவணை

2.5.1 மாதிரி அட்டவணை பிழை கண்டறிய

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

வ. எண்கடிமானி அளவு	நழுவுக்கம்பியிழை			எ. எண்	நழுவுக்கம்பியிழை மானி அளவு			ஏ. எண்கடிமானி அளவு	நழுவுக்கம்பியிழை		
S. No	**Slip Value**	**Dial Reading**	**Error**	**S.No**	**Slip Value**	**Dial Reading**	**Error**	**S.No**	**Slip Value**	**Dial Reading**	**Error**
1	11.0	0	0	35	14.4	3.404 + 4		69	17.8	6.805 + 5	
2	11.1	0.102 + 2		36	14.5	3.503 + 3		70	17.9	6.904 + 4	
3	11.2	0.203 + 3		37	14.6	3.604 + 4		71	18	7.002 + 2	
4	11.3	0.303 + 3		38	14.7	3.704 + 4		72	18.1	7.104 + 4	
5	11.4	0.402 + 2		39	14.8	3.805 + 5		73	18.2	7.205 + 5	
6	11.5	0.503 + 3		40	14.9	3.907 + 7		74	18.3	7.303 + 3	
7	11.6	0.601 + 1		41	15.0	4.009 + 9		75	18.4	7.403 + 3	
8	11.7	0.703 + 3		42	15.1	4.109 + 9		76	18.5	7.502 + 2	
9	11.8	0.803 + 3		43	15.2	4.206 + 6		77	18.6	7.602 + 2	
10	11.9	0.903 + 3		44	15.3	4.307 + 7		78	18.7	7.703 + 3	
11	12.0	1.003 + 3		45	15.4	4.404 + 4		79	18.8	7.802 + 2	
12	12.1	1.102 + 2		46	15.5	4.505 + 5		80	18.9	7.901 + 1	
13	12.2	1.203 + 3		47	15.6	4.606 + 6		81	19.0	8.0000	
14	12.3	1.302 + 2		48	15.7	4.704 + 4		82	19.1	8.098-2	
15	12.4	1.401 + 1		49	15.8	4.805 + 5		83	19.2	8.196-4	
16	12.5	1.502 + 2		50	15.9	4.907 + 7		84	19.3	8.298-2	
17	12.6	1.604 + 4		51	16	5.009 + 9		85	19.4	8.4000	
18	12.7	1.703 + 3		52	16.1	5.110 + 10		86	19.5	8.501 + 1	
19	12.8	1.802 + 2		53	16.2	5.211 + 11		87	19.6	8.601 + 1	
20	12.9	1.903 + 3		54	16.3	5.312 + 12		88	19.7	8.702 + 2	
21	13	2.004 + 4		55	16.4	5.413 + 13		89	19.8	8.803 + 3	
22	13.1	2.105 + 5		56	16.5	5.514 + 14		90	19.9	8.904 + 4	

23	13.2	2.206 + 6	57	16.6	5.614 + 14	91	20.0	9.003 + 3	
24	13.3	2.304 + 4	58	16.7	5.713 + 13	92	20.1	9.104 + 4	
25	13.4	2.404 + 4	59	16.8	5.813 + 13	93	20.2	9.202 + 2	
26	13.5	2.504 + 4	60	16.9	5.912 + 12	94	20.3	9.301 + 1	
27	13.6	2.605 + 5	61	17.0	6.006 + 6	95	20.4	9.403 + 3	
28	13.7	2.706 + 6	62	17.1	6.107 + 7	96	20.5	9.504 + 4	
29	13.8	2.806 + 6	63	17.2	6.206 + 6	97	20.6	9.605 + 5	
30	13.9	2.906 + 6	64	17.3	6.307 + 7	98	20.7	9.706 + 6	
31	14.0	3.007 + 7	65	17.4	6.406 + 6	99	20.8	9.806 + 6	
32	14.1	3.108 + 8	66	17.5	6.505 + 5	100	20.9	9.907 + 7	
33	14.2	3.207 + 7	67	17.6	6.6044	101	21.0	10.008 + 8	
34	14.3	3.304 + 4	68	17.7	6.706 + 6				

2.5.2 மாதிரி அட்டவணை (உயர்பட்ச அளவில்) **2.5.3** மாதிரி அட்டவணை (குறைந்த பட்ச அளவில்)

5.4 மாதிரி அட்டவணை (பரவலை கண்டறிய)

வ.எண் ***S.no.***	முகப்பு மானி அளவு ***Reading xi*** மி.மீ	$xi - \bar{x}$ மி.மீ	$(xi - \bar{x})^2$ மை.மீ	முகப்புமானி அளவு

கூட்டல் = 99.999

சராசரி = $\frac{99.999}{10}$ = 9.999

$x1 - \bar{x}$ = 10.00 – 9.999 = + 0.002

1.	10.001	+ 0.002	4
2.	10.000	+ 0.001	1
3.	9.999	0	0
4.	9.998	-0.001	1
5.	10.001	+ 0.002	4
6.	10.002	+ 0.003	9
7.	10.001	+ 0.002	4

8.	10.000	+0.001	1
9.	9.998	-0.001	1
10.	9.999	0	0
மொத்தம்	99.999	0.013	25

2.5.5 மாதிரி அட்டவணை **(**திரும்பு இடைவெளி கண்டறிய**)**

வ.எண் ***S.no.***	அச்சுமேலே ஏறும்போது ***Plunger moving up***	அச்சுகீழே இறங்கும்போது ***Plunger moving down***	வேறுபாடு ***Difference mm***
1.	5.001	5.000	1
2.	4.999	5.001	2
3.	5.000	5.001	1
4.	5.002	4.998	4
5.	4.998	5.001	3
6.	5.001	4.999	2
7.	5.000	5.002	2
8.	5.000	4.999	1
9.	4.998	5.001	3
10.	5.000	4.999	1
		மொத்தம்	20

2.6. மாதிரி கணக்கிடல்

பிழை கணக்கிட

அதிகபட்ச பிழை = 14µm (வரைபடம் 2.5..2-லிருந்து)

குறைந்தபட்ச பிழை = -6 µm (வரைபடம் 2.5.3-லிருந்து)

அதனால், பிழை = 14 + 6 = 20 µm

பரவல் கணக்கிட

பரவல் = $\sqrt{\frac{(xi-\bar{x})2}{n-1}}$ n = 10,

= $\sqrt{\frac{25}{9}} = \sqrt{2.77} = \pm 1.66$

திரும்பு இடைவெளி

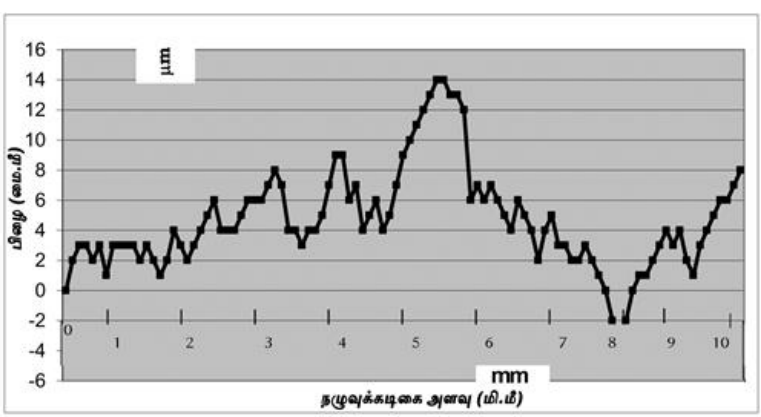
அதிகம் = 4 µm

குறைவு = 1 µm

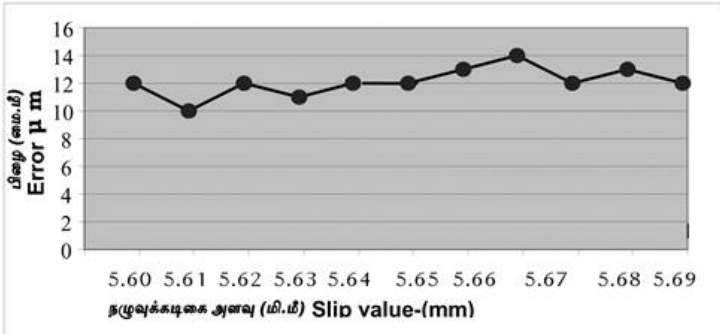
10 அளவுகளின் சராசரி = 20/10 = 2 µm

2.7 வரைபடங்கள்

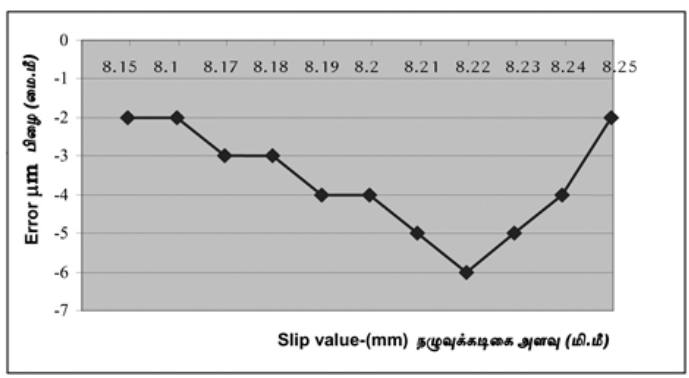
2.7.1 நழுவுக்கடிகை அளவு-பிழை



2.7.2 உயர்பட்ச அளவில் பிழை



2.7.3 குறைந்தபட்ச அளவில் பிழை



2.8 முடிவு:

பிழை = 20 மை.மீ

பரவல் = $\pm$ 1.66 மை.மீ

திரும்பு இடைவெளி சராசரி = 20 மை.மீ

2.9 தெரிவு:

17

ஒளியியல் ஒப்பளவியை அளவீடு செய்தல்

1. ஒளியியல் ஒப்பளவியை அளவீடு செய்தல் **(CALIBRATION OF OPTICAL COMPARATOR)**

3.1 நோக்கம்

ஒரு ஒளியியல் ஒப்பளவியை நழுவுக் கடிகைகள் கொண்டு அளவீடு செய்தல்.

3.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	ஒளியியல் ஒப்பளவி	±50 மை.மீ	1 மை.மீ.
2.	நழுவுக் கடிகை	1 – 100 மி.மீ	தரம் – I
3.	நுண்ணளவி	0-25 மி.மீ.	0.01 மி.மீ
4	பொருள்	20 மி.மீ.	–

3.3 கோட்பாடு

ஒப்பளவி என்பது ஒரு செந்தரத்தோடு, ஒரு பொருளை ஒப்பிடுவதற்குப் பயன்படும் கருவியாகும். சிறிய அளவை எப்படி இவை பெருக்கிக் காட்டுகின்றன என்பதைப் பொருத்து, இவை, எந்திரவியல், ஒளியியல், எந்திர ஒளியியல், மின்னியல், மின்னணுவியல், வளியியல், நீரியல் ஒப்பளவிகள் என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த ஒப்பளவிகள் பற்றி விரிவாக பாடம் 5-ல் காணலாம்.

ஒப்பளவிகளின் செயல்திறனும் நாள்பட நாள்பட குறையக் கூடும். மிக நுட்பமாக அளக்கும் இவற்றை அவ்வப்போது அளவீடு செய்வது

இன்றியமையாததாகும்.

இங்கு, ஒரு ஒளியியல் ஒப்பளவியை அளவீடு செய்வது பற்றி கூறப்பட்டுள்ளது. இதே வழிமுறையைப் பின்பற்றி, மற்ற ஒப்பளவிகளையும் அளவீடு செய்யலாம்.

3.4 வழிமுறை

3.4.1 அளவீடு செய்தல்

1. ஒப்பளவியையும், நழுவுக்கடிகைகளையும் முழுமையாக சுத்தம் செய்யவும்.
2. ஒப்பளவியின் அளவிடும் அச்சை பூட்டு அமைப்பிலிருந்து விடுவிக்கவும்.
3. 21 மி.மீ. அளவுக்கு உரிய (20 + 1மி.மீ.) நழுவுக்கடிகைகளைச் சேர்த்துக் கொள்ளவும்.
4. நழுவுக் கடிகைகளை, ஒப்பளவியின் மனையின் மேல் பொருத்தவும்.
5. பிறகு, ஒப்பளவியின் தலையை மெதுவாக கீழே இறக்கி, அதன் அச்சு முனையை நழுவுக் கடிகையின் மேல், ஒப்பளவியின் ஒளிவட்டம் குறைந்த அளவை காட்டுமாறு அதாவது அளவுகோலின் அடிப்பக்கத்தில் இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ளவும்.
6. பிறகு ஒப்பளவியின் தலையை அசையாமல் பூட்டி விடவும்.
7. இந்நிலையில் ஒப்பளவியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
8. பிறகு, நழுவுக் கடிகை தொகுதியில் 1 மி.மீ. கடிகையை எடுத்துவிட்டு, 1.01 மி.மீ கடிகையை சேர்த்துக் கொண்டு மனையின் மேல் பொருத்தி, அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
9. இப்படியே ஒப்பளவியின் முழுவீச்சுக்கும், 0.01 மி.மீ இடைவெளியில் அளவுகளைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
10. ஒப்பளவியின் நுட்பத்தைக் கணக்கிடவும்.

3.4.2 ஒரு பொருளின் அளவை ஒப்பீடு செய்தல்

1. ஒப்பிடவேண்டிய ஒரு பொருளின் தோராய அளவை, ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளந்து கொள்ளவும்.
2. அந்த அளவுக்கு ஏற்ப நழுவுக் கடிகைகளை சேர்த்துக் கொண்டு, மனையின் மேல் பொருத்திக் கொள்ளவும்.
3. பின்னர், ஒப்பளவியின் அளக்கும் அச்சு முனையை, கடிகையின் மேல் வைத்து, ஒப்பளவி 0-அளவைக் காட்டும்படி சரி செய்யவும்.
4. இப்பொழுது, நழுவுக்கடிகையை எடுத்துவிட்டு, அந்த இடத்தில், ஒப்பீடு செய்ய வேண்டிய பொருளை வைத்து, ஒப்பளவியில் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
5. இந்த வழிமுறையை குறைந்தது 5 முறை திரும்பச் செய்யவும்.
6. இப்பொழுது,

பொருளின் சரியான அளவு = நழுவுக்கடிகை அளவு ± ஒப்பளவி

காட்டும் சராசரி அளவு வேறுபாடு

3.5.1 மாதிரி அட்டவணை **(**அளவீடு செய்தல்**)**

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

எண்	நழுவுக்கடிகை அளவு	ஒப்பளவி அளவு	வேறுபாடு	நுட்பம்
1.	21	0		
2.	21,01	10	10	
3.	21,02	21	11	
4.	21,03	30	9	
5.	21,04	40	10	
6.	21,05	50	10	
			50	∴ $\frac{0.01}{10} = 0.001$

மி.மீ.

3.5.2 மாதிரி அட்டவணை (ஒப்பீடு செய்தல்)

எண்	நழுவுக்கடிகை அளவு	ஒப்பளவி அளவு	வேறுபாடு
1.	20 மி.மீ.	+5	+0.005
2.		+3	+0.003
3.		-2	-0.002
4.		0	0.000
5.		+2	+0.002
		மொத்தம்	0.008

3.6 மாதிரி கணக்கு

3.6.1 ஒப்பளவியின் நுட்பத்தைக் கணக்கிட

$$\text{ஒப்பளவியின் நுட்பம்} = \frac{\text{நழுவுக் கடிகை அளவு}}{\text{ஒப்பளவியில் ஒளிவட்டம் நகர்ந்த கோடுகளின் எண்ணிக்கை}}$$

எ .கா :

0.05 மி.மீ உயர்வுக்கு, ஒவ்வொரு முறையும் ஒப்பளவியின் ஒளிவட்டம் 50 கோடுகள் நகர்ந்தால்,

$$\text{ஒப்பளவியின் நுட்பம்} = \frac{0.05}{50} = 0.001 \text{மி.மீ.}$$

ஒப்பளவியின் அளவுகோலில், 100 கோடுகள் இருந்தால், அப்பொழுது,

ஒப்பளவியின் வீச்சு = 0.001 x 100

= 0.1 மி.மீ

= 100 மை.மீட்டர்

3.6.2 பொருளின் சரியான அளவைக் கணக்கிட

எ.கா.

ஓப்பளவியின் மொத்த அளவு வேறுபாடு + 0.008மி.மீ. என்றால்,

5 முறையின் சராசரி அளவு வேறுபாடு = $\frac{+0.008}{5}$

= +0.0016 மி.மீ.

அதனால், பொருளின் சரியான அளவு = 20 +0.016 மி.மீ.

= 20.0016 மி.மீ.

3.7 முடிவு

ஓப்பளவியின் நுட்பம் = 0.001 மி.மீ

பொருளின் சரியான அளவு = 20.0016 மி.மீ.

3.8 தெரிவு

18

சரிவுக் கோண அளவியால் கோணத்தை அளத்தல்

1. சரிவுக் கோண அளவியால் கோணத்தை அளத்தல்

(ANGLE MEASUREMENT USING BEVEL PROTRACTOR)

4.1 நோக்கம்

ஒரு சரிவுக் கோண அளவியைக் கொண்டு, ஒரு பொருளின் கோணத்தை அளத்தல்

4.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	சரிவுக் கோண அளவி	3600	5’நொடிகள்
2.	பொருள்	–	–

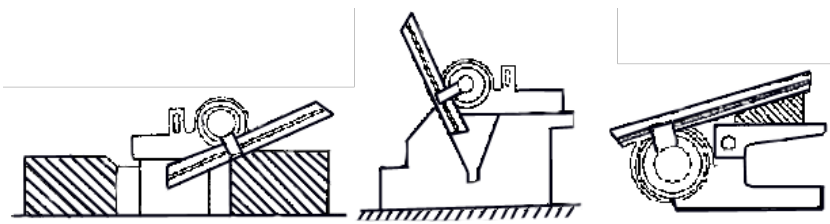
4.3 கோட்பாடு

சரிவுக்கோண அளவி என்பது பொருட்களின் கோணத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படும் நுட்பமான கருவியாகும். இதில் பாகை குறிக்கப்பட்ட ஒரு வட்டத் தட்டு, ஒரு அடிமனையின் மேல் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தட்டின் நடுவில் வெர்னியர் அளவுடன் இன்னொரு வட்டத்தட்டு இருக்கும். இந்த வட்டத்தட்டின் நடுவில் ஒரு சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். சட்டம் வட்டத்தட்டுடன் சேர்ந்து சுற்றும்போது, பல்வேறு கோண அளவுகளைக் காட்டும். இந்த சட்டம் அடிமனைக்கு இணையாக இருக்கும்போது 0-பாகையையும், செங்குத்தாக இருக்கும்போது 900-பாகை அளவையும் காட்டும். எனவே, பொருளின் கோணத்திற்கு ஏற்ப சட்டத்தைத்

திருப்பி, அதன் கோணத்தை அளக்கலாம்.

சட்டம், அடிமனைக்கு இணையாக இருக்கும்போது, அவை இரண்டுக்கும் இடையில் ஒரு இடைவெளி இருக்கும். இந்த இடைவெளி அளவுக்குக் குறைவான அளவில் பொருள்கள் இருந்தால், அதன் கோணத்தை அளப்பது இயலாது. எனவே, இச்சிக்கலைப் போக்க, குறுகிய பொருட்களின் கோணத்தை அளப்பதற்கான அமைப்பும் இக்கருவியில் உண்டு.

ஒரு பொருளின் அளவுக்கு ஏற்ப, சரிவுக்கோண அளவியின் நிலையை சரியாக வைத்து, அளவுகள் எடுக்க வேண்டியது மிகவும் முக்கியமாகும். (விவரங்களுக்கு பாடம்-6ஐ பார்க்கலாம்.)



4.4 வழிமுறை

1. அளவு சட்டத்தை சுற்றும் வட்டத்தட்டின் நடுவில் பொருத்தவும்.
2. அளக்க வேண்டிய பொருளை அடிமனையின் மேல் வைக்கவும். பொருள் சிறியதாக இருந்தால், குறுங்கோண அமைப்பைப் பயன்படுத்தவும்.
3. அளவு சட்டத்தைத் திருப்பி, பொருளின் மேல் பக்கத்தை தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு சரி செய்யவும்.

4. கோண அளவியில், வெர்னியர் அளவுகோல் துணையுடன், அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும்.
5. 0^0, 90^0, 18^0, 27^0 என்ற அடிப்படை அளவுகளிலிருந்து வேறுபாட்டைக் கண்டறியலாம்.

4.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

எண்	அடிப்படை அளவு	எடுத்த அளவு	வேறுபாடு
1.	0^0	20^0	20^0
2.	30^0	60^0	30^0
3.			
4.			
5.			

4.6 முடிவு**:**

பொருள்-1 ன் கோணம் : 20^0

பொருள்-2 ன் கோணம் : 30^0

4.7 தெரிவு

19

சைன் சட்டம் மூலம் கோணத்தை அளத்தல்

1. சைன் சட்டம் மூலம் கோணத்தை அளத்தல்

(ANGLE MEASUREMENT USING SIN BAR)

5.1 நோக்கம்

ஒரு பொருளின் சரிவுக் கோணத்தை சைன் சட்டம் மூலம் அளத்தல்.

5.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	சைன் சட்டம்	100 மி.மீ.	தரம் – A
2.	முகப்பு மானி	10 மி.மீ.	0.01 மி.மீ
3.	நழுவுக் கடிகை	100 மி.மீ.	தரம் – I
4.	உயரமானி	300 மி.மீ.	0.01 மி.மீ

5.3 கோட்பாடு

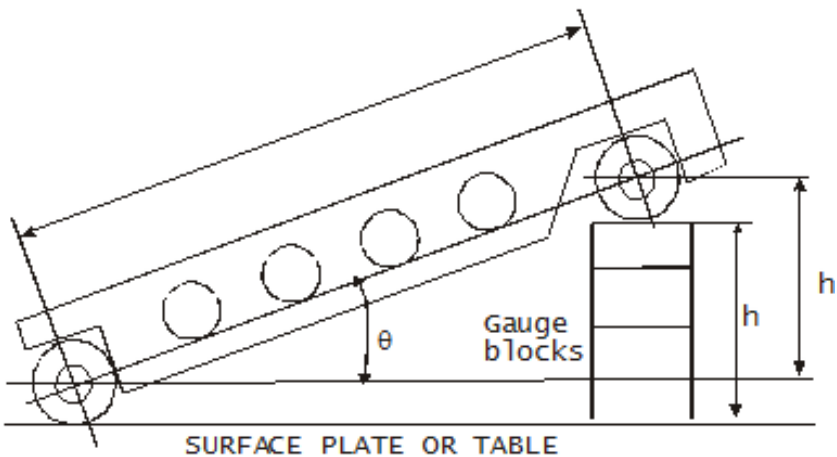
சைன் சட்டம் என்பது துல்லியமான இரண்டு உருளைகளின் மேல் பொருத்தப்பட்ட இரும்புச் சட்டமாகும். இரண்டு உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம் மிகவும் துல்லியமாக, 100 மி.மீ., 250 மி.மீ., 350 மி.மீ என இருக்கும். உருளைகளின் மையங்களை இணைக்கும் கோடும், இரும்பு சட்டத்தின் மேற்புறமும் இணையாக இருக்கும். எனவே, சைன் சட்டத்தை ஒரு சமதளத்தில் வைத்தால், சட்டத்தின் மேற்புறம் அதற்கு இணையாக இருக்கும்.

எனவே, ஒரு சரியான தளத்தின் கோணத்தை அளக்க, சைன் சட்டத்தை அதன் மேல் வைத்து, அதன் மேற்புறம் கிடையாக இருக்குமாறு ஒரு பக்கத்தை உயர்த்தி, எவ்வளவு உயர்த்தப்பட்டது என்ற அளவைக் கொண்டு, கோணம் அளக்கப்படுகிறது.

இரண்டு உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம் = L

உயர்த்திய அளவு = h

அதனால் $\sin\theta = \frac{h}{L}$



இந்த சமன்பாட்டைக் கொண்டு கோணம் அளக்கப்படுகிறது.

5.4 வழிமுறை

1. ஒரு சமதள மேசையின் மேல் சைன் சட்டத்தை வைக்கவும்.
2. பொருளின் அதிக, குறைந்த அளவுகளை எடுத்துக் கொண்டு, அவற்றின் வேறுபாட்டைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.
3. அந்த வேறுபாட்டு அளவுக்கு, நழுவுக் கடிகைகளைச் சேர்த்துக் கொண்டு, சைன் சட்டத்தின் ஒரு உருளையின் கீழ் வைக்கவும்.

இப்பொழுது, சைன் சட்டம் ஒரு பக்கம் சாய்ந்திருக்கும்.

4. இப்பொழுது, பொருளை சைன் சட்டத்தின் மேல், அதன் மேற்புறம் ஓரளவுக்கு சமதள மேடைக்கு இணையாக இருக்குமாறு வைக்கவும்.
5. பொருளின் மேற்புறம் மேடைக்கு இணையாக இருக்கிறதா என்பதை, ஒரு முகப்புமனி பொருத்தப்பட்ட உயரமானி அல்லது முகப்புமானி தாங்கியைக் கொண்டு சரிபார்க்கவும்.
6. பொருள் மேற்புறம் கிடையாக, மேடைக்கு இணையாக இருந்தால், முகப்புமானியை, பொருளின் ஒரு முனையிலிருந்து, மற்றொரு முனைக்கு நகர்த்தும் போது அதன் அளவு மாறாது.
7. ஆனால், அளவு மாறினால், எவ்வளவு வேறுபாடு என்பதைக் கண்டறிந்து அந்த அளவு நழுவுக் கடிகைகளின் அளவைக் கூட்டவோ, குறைக்கவோ வேண்டும்.

எ .கா.

வலது பக்க முனையில் அளவு கூடினால், அந்த அளவு நழுவுக்கடிகையின் அளவைக் குறைக்க வேண்டும்.

1. பொருளின் மேற்புறம் கிடையாக வரும்வரை இந்த வழிமுறையைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.
2. ஓரளவு சரியானதும், நழுவுக் கடிகைகளின் அளவையும், முகப்புமானியின் அளவையும் சேர்த்து, உயரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.
3. பிறகு சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, கோணத்தைக் கணக்கிடவும்.

5.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம் :

அறை வெப்பநிலை : அழுத்தம் : ஈரப்பதம் :

உருளை மையங்களின் தூரம் = 100 மி.மீ.

எண்	நழுவுக்கடிகை அளவு **x** மி.மீ.	மேற்பரப்புமாறியரம் அளவு **y** மி.மீ.	**x** ± **y**	சரிவுகோணம்
1.	15	+0.5	15-0.5=14.5	8.34^0
2.				
3.				

5.6 மாதிரி கணக்கீடு

L = 100 mm

h = x ± y = 15 – 0.5 = 14.5

$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{14.5}{100}\right)$

$= 8.34^0$

5.7 முடிவு

பொருளின் கோணம் = 8.340

5.8 தெரிவு

20

V-கோணத்தை அளத்தல்

1. **V** -கோணத்தை அளத்தல்

MEASUREMENT OF V- ANGLE

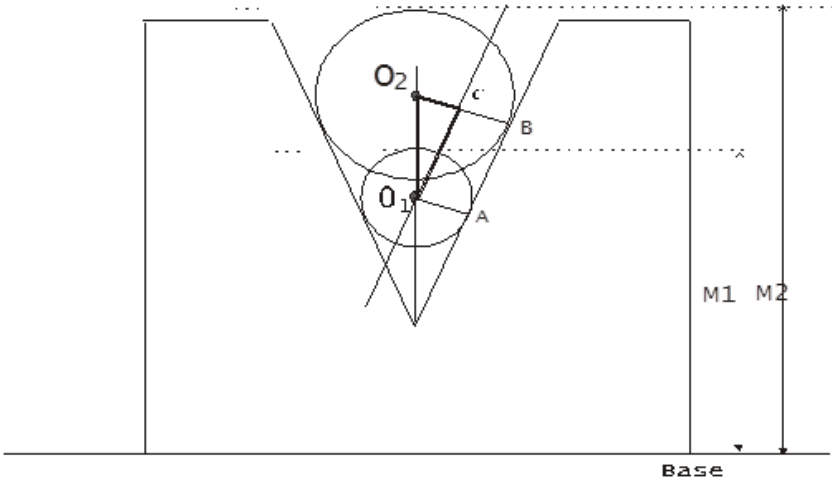
6.1 நோக்கம் **:**

துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டு V- கோணத்தை அளத்தல்.

6.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	சட்டம்
1.	வெர்னியர் உயரமானி	0-450 மி.மீ.	0.02 மி.மீ
2.	துல்லிய உருளைகள்	6-15 மி.மீ	± 0.3 மை. மீ
3.	நுண்ணளவி	0-25 மி.மீ	0.01 மி.மீ
4.	சமதளம்	1000 x 630 மி.மீ	தரம் I
5.	V – கட்டை (V – Block)	1000 x 100 x 100 மி.மீ.	_

6.3 கோட்பாடு



ஒரு V காடியில் ஒரு சிறிய உருளையையும், பிறகு ஒரு பெரிய உருளையையும் வைத்து அவற்றின் உயரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும்.

சிறிய உருளையின் விட்டம் = d1

சிறிய உருளையின் உயரம் = M1

பெரிய உருளையின் விட்டம் = d2

பெரிய உருளையின் உயரம் = M2
என்றால்,

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}(d_2 - d_1)}{(M_2 - M_1) - \frac{1}{2}(d_2 - d_1)}$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி V-கோணத்தைக் கணக்கிடலாம். இங்கு θ என்பது V-யின் அரை கோணம். எனவே,

V-கோணம் = 2 x θ

(சமன்பாட்டின் விளக்கத்திற்கு பாடம் 13 . ஐ காணவும்)

6.4 வழிமுறை

1. V- கட்டையின் V- காடி உயரத்தை தோராயமாக அளந்து கொள்ளவும்.
2. இந்த காடி உயரத்தில் கால் பங்கு உயரத்தைத் தொடுமாறு ஒரு துல்லிய உருளையையும், முக்கால் பங்கு உயரத்தைத் தொடுமாறு ஒரு துல்லிய உருளையையும் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும்.
3. V- கட்டையை ஒரு சமதள மேடையில் வைக்கவும்.
4. முதலில் சிறிய உருளையை V-காடியில் வைத்து, அது அசையாமல் இருக்குமாறு ஒரு C பிடிப்பியால் முடுக்கிக் கொள்ளவும்.
5. ஒரு உயரமானியைக் கொண்டு அதன் உயரத்தை அளந்து கொள்ளவும்.
6. பிறகு, சிறிய உருளையை எடுத்துவிட்டு, பெரிய உருளையை காடியில் வைத்து, முன்னர் கூறியதைப் போலவே அதன் உயரத்தை அளந்து கொள்ளவும்.
7. V-காடியின் அரை கோணத்தை, உரிய சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடவும்.

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}(d_2 - d_1)}{(M_2 - M_1) - \frac{1}{2}(d_2 - d_1)}$$

1. V-கோணத்தை துல்லியமாக கணக்கிட, V- காடியின் உயரத்தில் பல இடங்களைத் தொடுமாறு பல உருளைகளைப் பயன்படுத்தலாம். பழைய சற்று தேய்ந்த V- கட்டைகளின் கோணத்தை அளக்க இம்முறை ஏற்றது.

6.5 மாதிரி அட்டவணை

எண்	d_1 மி.மீ	d_2 மி.மீ	M_1 மி.மீ	M_2 மி.மீ	$\frac{1}{2}(d_2 - d_1)$ மி.மீ	$(M_2 - M_1)$ மி.மீ	θ	2 θ
1	25	40	69	91.5	7.5	22.5	30°	60°
2								
3								
4								
5								

6.6 மாதிரி கணக்கு

d_1 = 25 மி.மீ

d_2 = 40 மி.மீ

$\frac{1}{2}(d_2 - d_1) = \frac{40-25}{2} = \frac{15}{2} = 7.5$ மி.மீ

M_1 = 69 மி.மீ

M_2 = 91.5 மி.மீ

$(M_2 - M_1)$ = 91.5 - 69 = 22.5 மி.மீ

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}(d_2 - d_1)}{(M_2 - M_1) - \frac{1}{2}(d_2 - d_1)}$$

$$= \frac{7.5}{22.5-7.5} = \frac{7.5}{15.0}$$

$$= 0.5$$

அதனால் θ = 30°

V- காடியின் கோணம் = $2\theta = 2 \times 30 = 60°$

6.7 முடிவு:

V காடியின் கோணம் = 60^{o}

6.8 தெரிவு:

21

துல்லிய உருண்டைகளைக் கொண்டு கூம்பு துளையை அளத்தல்

1. துல்லிய உருண்டைகளைக் கொண்டு கூம்பு துளையை அளத்தல்

MEASUREMENT OF TAPER BORE USING PRECISION BALLS

7.1 நோக்கம்**:**

ஒரு கூம்பு துளையின் கோணத்தையும், விட்டத்தையும் துல்லிய உருண்டைகளைக் கொண்டு அளத்தல்.

7.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	துல்லிய உருண்டைகள்	10- 50 மி.மீ	± 0.3 மை.மீ
2.	ஆழ நுண்ணளவி	0-150 மி.மீ	0.01 மி.மீ
3.	நழுவுக் கடிகை தொகுதி	1 -100 மி.மீ	தரம் I
4.	கூம்பு துளை	–	–

7.3 கோட்பாடு

V- காடியின் கோணத்தை அளப்பதற்குப் பயன்பட்ட கோட்பாடே இதற்குப் பொருந்தும். இங்கு துல்லிய உருளைகளுக்குப் பதிலாக, துல்லிய உருண்டைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பது மட்டுமே வேறுபாடு.

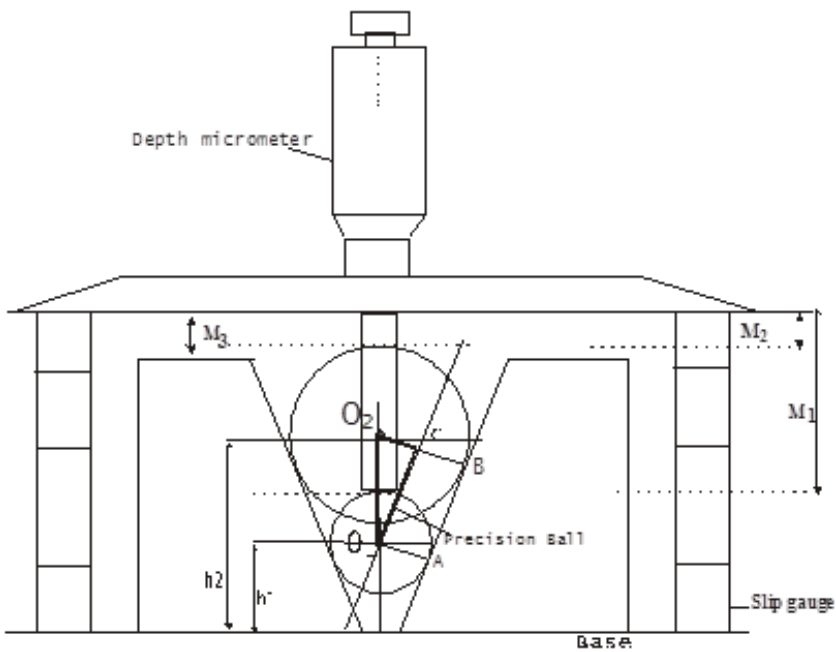
$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}(d_2 - d_1)}{(M_2 - M_1) - \frac{1}{2}(d_2 - d_1)}$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கோணத்தை கணக்கிடலாம்.

கூம்புத்துளையின் சிறிய விட்டம் = D1 – 2 h1 tanθ

பெரிய விட்டம் = D2 + 2 (h – h2) tanθ

என்ற சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி, கூம்புத் துறையின் சிறிய மற்றும் பெரிய விட்டங்களைக் கணக்கிடலாம்.



இங்கு, D1 = சிறிய உருண்டையின் மைய தளத்தில் கூம்பின் விட்டம்

D2 = பெரிய உருண்டையின் மைய தளத்தில் கூம்பின்

விட்டம்

h1 = சிறிய உருண்டையின் மையத்தின் உயரம்

h2 = பெரிய உருண்டையின் மையத்தின் உயரம்

h = கூம்பு துளையின் மொத்த உயரம்

(இந்த சமன்பாடுகளின் விளக்கத்திற்கு பாடம் – 13 ஐக் காணவும்)

7.4 வழிமுறை

1. கூம்புத் துளையின் உயரத்தை அளக்கவும்.
2. கூம்புத்துளையின் உயரத்தில் கால்பங்கைத் தொடுமாறு ஒரு துல்லிய உருண்டையையும், முக்கால் பங்கைத் தொடுமாறு ஒரு துல்லிய உருண்டையையும் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும்.
3. கூம்புத் துளையுள்ள பொருளை ஒரு சமதளத்தின் மேல் வைத்துக் கொள்ளவும்.
4. நழுவுக் கடிகைகளைக் கொண்டு, ஒரே அளவும், கூம்புத் துளையின் உயரத்தை விட அதிகமாகவும் உள்ள இரண்டு தொகுதிகளை உருவாக்கிக் கொள்ளவும்.
5. ஆழ நுண்ணளவியை கூம்பின் இரு பக்கத்திலும் வைக்கப்பட்டுள்ள நழுவுக்கடிகைகளின் மேல் வைத்துக்கொள்ளவும்.
6. பிறகு சிறிய உருண்டையை துளையில் மெதுவாக போட்டு அதில் உயரத்தை ஒரு ஆழ நுண்ணளவியால் அளந்து கொள்ளலாம். (M_1)
7. சிறிய உருண்டையை எடுத்துவிட்டு, பெரிய உருண்டையை துளையில் போட்டு, உயரத்தை அளந்து கொள்ளவும் (M_2)
8. கூம்பு துளையின் மேல் மட்ட உயரத்தையும் ஆழ நுண்ணளவியால் அளந்து கொள்ளவும்.
9. சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி, கோணத்தையும், சிறிய பெரிய விட்டங்களையும் கணக்கிடவும்.
10. கூம்புத்துளையில் பல இடங்களைத் தொடுமாறு உருளைகளைத் தேர்ந்தெடுத்து இச்சோதனையை திரும்பச் செய்யவும்.

7.5 மாதிரி அட்டவணை

எண்.				h		D1	D2	D
	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ			
1.	15	20	34	10	8.5	30	21.5	6.68	15.10	20.13	13.11	20.60
2.												
3.												
4.												
5.												

7.6 மாதிரி கணக்கு

நழுவுக்கடிகைகளின் உயரம் $x = 50$ மி.மீ

சிறிய உருண்டையின் மைய உயரம் $h_1 = X - M_1 - \frac{d_1}{2}$

$= 50 - 34 - \frac{15}{2}$

$= 16 - 7.5$

$= 8.5$ மி.மீ

பெரிய உருண்டையின் மைய உயரம் $h_2 = X - M_2 - \frac{d_2}{2}$

$= 50 - 10 - \frac{20}{2}$

$= 30$ மி.மீ

மையங்களுக்கு இடையிலான தூரம் $= 30 - 8.5$

$= 21.5$ மி.மீ

அதனால், $\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}(d_2 - d_1)}{(h_2 - h_1)}$

$= \frac{\frac{1}{2}(20-15)}{(21.5)}$

$= \frac{2.5}{21.5} = 0.11627$

$\therefore \theta = 6.677^\circ$

D_1 = d_1 Sec Θ

= 15 Sec 6.677

= 15 x 1.0068

= 15.10 மி.மீ

D_2 = d_2 Sec θ

= 20 Sec 6.677

= 20 x 1.0068

= 20.13 மி.மீ

D min = D_1 - 2 h_1 tan Θ

= 15.1027 – 2 x 8.5 x 0.1170

= 13.1127

D max = D_2 + 2 (h-h_2) tan Θ

= 20.13 + 2(32-30) tan Θ

= 20.13 + 2 x 2 x 0.1170

= 20.605 மி.மீ

7.6 முடிவு **:**

7.7 தெரிவு **:**

22

ஒரு கூம்புக் கடிகையை துல்லிய உருளைகள் கொண்டு அளத்தல்

1. ஒரு கூம்புக் கடிகையை துல்லிய உருளைகள் கொண்டு அளத்தல்

MEASUREMENT OF A TAPER PLUG GAUGE USING PRECISION ROLLERS

8.1 நோக்கம்**:**

ஒரு கூம்புக் கடிகையின் (Taper plug gauge) கோணத்தையும், அதன் அளவு எல்லைகளையும் துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டு அளத்தல்.

8.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	துல்லிய உருண்டைகள்	20 மி.மீ	± 0.3 மை.மீ
2.	ஆழ நுண்ணளவி	1-100 மி.மீ	தரம் I
3.	நழுவுக் கடிகை தொகுதி	0 -25 மி.மீ 25-50 மி.மீ	0.01 மி.மீ
4.	கூம்பு துளை	–	–

8.3 கோட்பாடு

கூம்புக் கடிகையின் உயரத்தில் இரண்டு இடங்களில், துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டு, தூரத்தை அளந்து கொள்ள வேண்டும்.

h1 என்ற உயரத்தில் தூரம் = M_1

h2 என்ற உயரத்தில் தூரம் = M_2

என்று இருந்தால்,

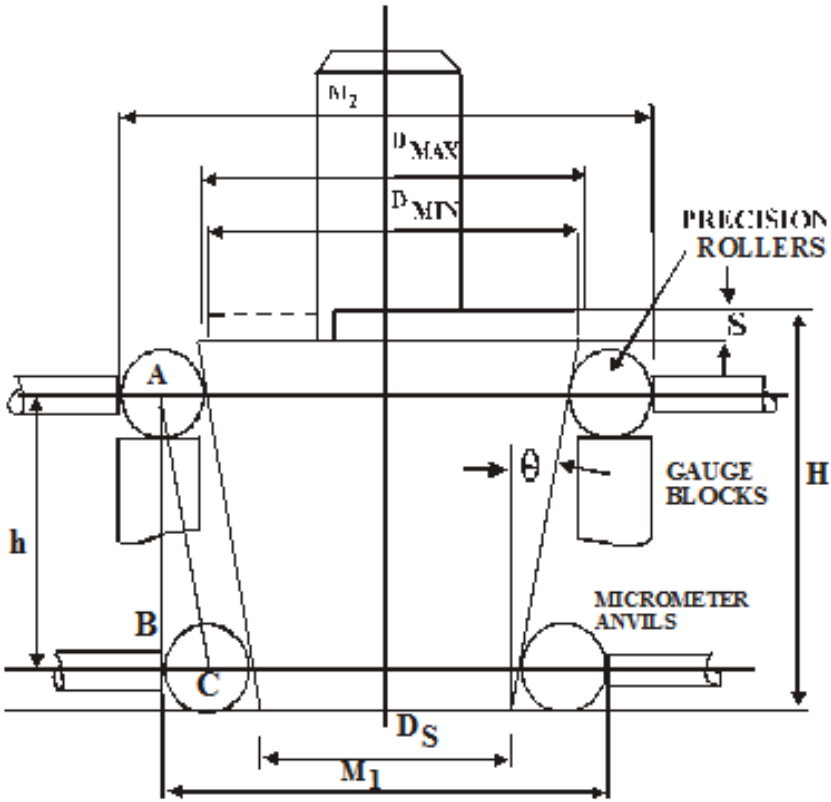
$$\tan \Theta = \frac{M_2 - M_1}{2(h2 - h1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் கோணத்தைக் கணக்கிடலாம்.

குறைந்த அளவு எல்லை = D1 – 2 h1 tan Θ ..... (2)

அதிக அளவு எல்லை = D2 + (h – h2) tan Θ ..... (3)

என்ற சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி குறைந்த அளவையும் அதிக அளவையும் கண்டறியலாம். (இது பற்றிய விளக்கங்களுக்கு பாடம் 13-ஐக் காணவும்)



இங்கு D1 என்பது h1 உயரத்தில் கூம்பு கடிகையின் விட்டம் D2 என்பது h2 உயரத்தில் கூம்பு கடிகையின் விட்டம்.

8.4 வழிமுறை

1. கூம்புக் கடிகையை உயரவாக்கில், சிறிய முனை கீழே இருக்குமாறு ஒரு சமதள மேடையின் மேல் வைக்கவும்.
2. நழுவுக் கடிகை தொகுதியிலிருந்து, சம அளவான இரண்டு தொகுதிகளை உருவாக்கிக் கொள்ளவும்.
3. ஒரே அளவுள்ள இரண்டு துல்லிய உருளைகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும்.
4. நழுவுக் கடிகை தொகுதிகளை கூம்புக் கடிகையின்

இரண்டு பக்கத்திலும் வைத்து, அதன்மேல், துல்லிய உருளைகளை வைக்கவும்.

5. இரண்டு உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரத்தை ஒரு நுண்ணளவியைக் கொண்டு அளக்கவும். (M_1)
6. இரண்டு நழுவுக் கடிகை தொகுதிகளின் உயரத்தை, ஒரே அளவாக இருக்குமாறு அதிகமாக்கிக் கொள்ளவும். (M_2)
7. அவற்றின்மேல் உருளைகளை வைத்து அளவு எடுக்கவும்
8. இந்த வழிமுறையைப் பின்பற்றி கூம்புக் கடிகையை 90°, திருப்பி, அளவுகள் எடுக்கவும்.
9. குறைந்த மற்றும் அதிகபட்ச விட்ட அளவுகளை, சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4) -ஐ பயன்படுத்தி கணக்கிடவும்
10. துல்லிய உருளைகளை, கூம்புக் கடிகையின் அடியில் சமதளத்தின் மேல்வைத்தும் குறைந்த விட்ட அளவை, அளந்து கணக்கிடலாம்.

இந்த அளவு M_3 என்றால்,

குறைந்த விட்டம் $= M_3 - d\left(1 + \cot \emptyset\right)$

இங்கு $\emptyset = \frac{(90 - \theta)}{2}$

8.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

எண்	உருளை	D1	D2	DS1	DS2	D

விட்டம்		கோணம் θ										
	h1	**h2**	**h**	**M1**	**M2**	**M3**						
	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ
1.	10	15	35	42.5	56	75	47	25.4	35	53.93	20.75	21..26	0.41
2.													
3.													
4.													
5.													

8.6 மாதிரி கணக்கு

உருளைகளின் விட்டம் = 10 மி.மீ

$$\tan\theta = \frac{M_2 - M_1}{2(h2 - h1)}$$

$$= \frac{75 - 56}{2(35 - 15)}$$

$$= \frac{19}{2 \times 20} = 0.425$$

$$\therefore \theta = 25.4°$$

$$D_1 = M_1 - d\,(1+\sec\theta)$$

$$= 56 - 10\,(1 + 1.107)$$

$$= 35 \text{ மி.மீ}$$

$$D_2 = M_2 - d\,(1+\sec\theta)$$

$= 75 - 10\,(1 + 1.107)$

$= 53.93$ மி.மீ

குறைந்த விட்டம் $DS_1 = D_1 - 2h_1 \tan\theta$

$= 35.0 - 2x15x0.475$

$= 20.75$ மி.மீ

அதிக விட்டம் $D\ max = D_2 + 2\,(h-h_2) \tan\theta$

$= 54+2\,(48.5-35)\ x\ 0.425$

$= 60.41$ மி.மீ

குறைந்த விட்டம் $DS_2 = M_3 - d\,(1+\text{Cot}\,\theta)$

$= 47 - 10\,(1 + 1.58)$

$= 21.2$ மி.மீ

8.8 முடிவு:

கோணம் = 25.4°

அதிக விட்டம் D max = 60.41 மி.மீ

குறைந்த விட்டம் DS1 = 20.75 மி.மீ

DS2 = 21.20 மி.மீ

8.9 தெரிவு:

23

உட்புற வளைவு ஆரத்தை அளத்தல்

1. உட்புற வளைவு ஆரத்தை அளத்தல்

MEASUREMENT OF INTERNAL RADIUS OF CURVATURE

9.1 நோக்கம்

ஒரு உட்புற வளைவின் ஆரத்தை ஆழ நுண்ணளவியால் அளத்தல்.

9.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	ஆழ நுண்ணளவி	0-150 மி.மீ	0.01 மி.மீ
2.	துல்லிய உருளைகள்	0-20 மி.மீ	± 0.3 மை.மீ
3.	உட்புற வளைவுள்ள பொருள்	–	–

9.3 கோட்பாடு

ஒரு பகுதி வட்டத்தின் ஆரத்தை அளப்பதற்கு நாண் நீளமும், நாண் உயரமும் தெரியவேண்டும். பொருளுக்கு கேற்ப, இந்த அளவுகள் எடுக்கும் முறை மாறுபடும்.

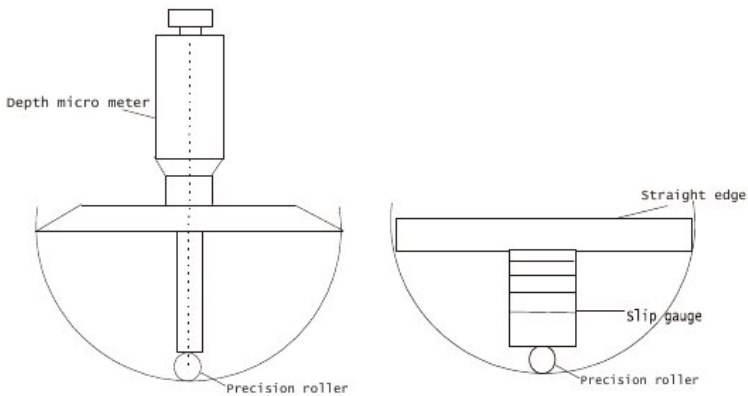
ஒரு உட்பற வளைவின் ஆரத்தை அளக்க, நாண் உயரமும், நாண் நீளமும் ஒரு ஆழ நுண்ணளவியால் அளக்கப்படுகிறது. ஒரு நேர் சட்டம் மற்றும் நழுவுக் கடிகைகள் கொண்டும் இவற்றை அளக்கலாம்.

நாண் நீளம் l என்றும், உயரம் h என்றும் கொண்டால்,

$$\text{ஆரம்} = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

என்ற சமன்பாட்டின் மூலம் ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(விளக்கங்களுக்கு பாடம் 13-ஐக் காணவும்)



9.4 வழிமுறை

1. ஒரு சமதள மேடையில் வளைவுள்ள பொருளை நிலையாக இருக்குமாறு முடிக்கிக் கொள்ளவும்.
2. ஆழ நுண்ணளவியின் அடிபாகத்தின் நீளத்தை துல்லியமாக அளந்து கொள்ளவும்.
3. ஒரு துல்லிய உருளையைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும்.
4. துல்லிய உருளையை வளைவின் அடியில் வைக்கவும்.
5. ஆழ நுண்ணளவியை, பொருளின் வளைவின் பக்கங்களைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்து, துல்லிய உருளைக்கும், ஆழ நுண்ணளவியின் அடிபாகத்திற்கும் இடையிலுள்ள தொலைவை அளந்து

கொள்ளவும்.

6. வளைவின் ஆரம் = $\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$

இங்கு l = ஆழ நுண்ணளவியின் அடிப்பகுதி நீளம்.

h = நுண்ணளவியில் எடுத்த அளவு + துல்லிய உருளையின் விட்டம்

குறிப்பு: ஆழ நுண்ணளவிக்கு பதிலாக, ஒரு நேர் சட்டத்தையும், நழுவுக் கடிகைகளையும் பயன்படுத்தலாம். நேர் சட்டத்தின் நீளம் l ஆகும். நழுவுக் கடிகைகளின் உயரமும், துல்லிய உருளையின் விட்டமும் சேர்ந்து h ஆகும்.

9.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

9.5.1 ஆழ நுண்ணளவி மூலம் அளத்தல்

எண்.	நாண் நீளம் l மி.மீ	உருளை விட்டம் மி.மீ **d**	நுண்ணளவின் அளவு **m** மி.மீ	நுண்ணளவின் உயரம் h = m + d மி.மீ	ஆரம் $R = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$ மி.மீ
1.	100	10	36	46	50.17
2.					

3.
4.
5.

9.5.2 நேர் சட்டம் மூலம் அளத்தல்

எண்.	நாண் நீளம் மி.மீ	உருளை விட்டம் மி.மீ	நழுவுக்கயிறு உயரம் மி.மீ	தூண் உயரம்h = m + d மி.மீ	ஆரம் $R = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$ மி.மீ
1.	80	10	10	20	50
2.					
3.					
4.					
5.					

9.6 மாதிரி கணக்கு

9.6.1 ஆழ நுண்ணளவி மூலம் அளத்தல்

ஆழ நுண்ணளவியின் அடிப்பகுதி நீளம் l = 100 மி.மீ

துல்லிய உருளையின் விட்டம் d = 10 மி.மீ

ஆழ நுண்ணளவியில் எடுத்த அளவு m = 36 மி.மீ

h = 36 + 10 = 46 மி.மீ

ஆரம் $R = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$

$= \frac{46}{2} + \frac{(100)^2}{8x46}$

= 50.17 மி.மீ

9.7 நேர் சட்டம் மூலம் அளத்தல்

நேர் சட்டத்தின் நீளம் l = 80 மி.மீ

நழுவுக்கடிகை உயரம் m = 10 மி.மீ

உருளை விட்டம் d = 10 மி.மீ

h = 10 + 10 = 20 மி.மீ

ஆரம் R = $\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$

10 4

= $\frac{20}{2} + \frac{80 \times 80}{8 \times 20}$

= 10 + 40

= 50 மி.மீ

9.8 முடிவு:

ஆழ நுண்ணளவி மூலம் வளைவு ஆரம் = 50.17 மி.மீ

நேர்சட்டம் மூலம் வளைவு ஆரம் = 50.00 மி.மீ

9.9 தெரிவு:

24

வெளிவட்டத்தின் ஆரத்தை அளத்தல்

1. வெளிவட்டத்தின் ஆரத்தை அளத்தல்

MEASUREMENT OF EXTERNAL RADIUS

10.1 நோக்கம் **:**

ஒரு பகுதி வெளிவட்டத்தின் ஆரத்தை சைன் சட்டம் கொண்டு அளத்தல்.

10.2 தேவையான கருவிகள்**:**

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	சைன் சட்டம்	100 மி.மி	தரம் A
2.	பகுதி வெளிவட்டம்	–	–
3.	துல்லிய உருளைகள்	20 மி.மீ	± 0.3 மை.மீ
4.	நழுவுக் கடிகை தொகுதி	0-100 மி.மீ	தரம் I

10.3 கோட்பாடு

ஒரு பகுதி வட்டத்தின் நாண் உயரமும், நாண் நீளமும் தெரிந்தால், அதன் ஆரத்தை கணக்கிட்டு விடலாம்.

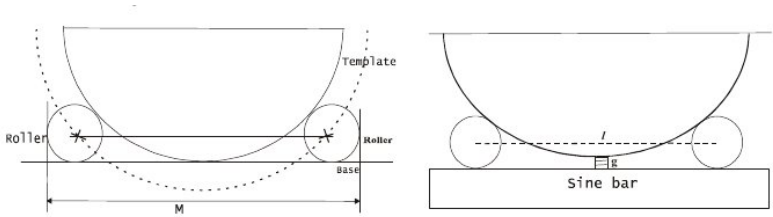
$$\text{ஆரம்} = \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h} \ldots\ldots (2)$$

இங்கு h = நாண் உயரம்

L = நாண் நீளம்

நாண் நீளம் சைன் சட்டத்தைக் கொண்டோ அல்லது துல்லிய உருளைகளைக் கொண்டோ அளக்கப்படுகிறது. நாண் உயரம் நழுவுக் கடிகைகளைக் கொண்டு அளக்கப் படுகிறது.

இம்முறையின் விளக்கங்களை பாடம் 13 -ல் காணலாம்.



10.4 வழிமுறை

10.4.1 சமதள மேடையின்மேல் துல்லிய உருளைகள் கொண்டு அளத்தல்

1. வெளிவட்டப் பகுதி, ஒரு சமதள மேடையின் மேல் இருக்குமாறு வைக்கவும். அசையாமல் இருக்க ட – பிடிப்பியைப் பயன்படுத்தலாம்.
2. ஒரே அளவான இரண்டு உருளைகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும்.
3. வட்டப் பகுதியின் இரண்டு பக்கமும் இரண்டு உருளைகளை வைக்கவும்.
4. இரண்டு உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரத்தை அளந்து கொள்ளவும்.
5. உருளைகளின் விட்டத்தை மாற்றி, குறைந்தது ஐந்து அளவுகளை எடுக்கவும்.

$$\frac{(m-d)^2}{8d}$$

6. ஆரம் = என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ஆரத்தைக் கணக்கிடவும்.

இங்கு, m = உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம்

h = உருளைகளின் விட்டம்

10.4.2 சைன் சட்டத்தைக் கொண்டு அளத்தல்

1. ஒரு சைன் சட்டத்தை, அதன் உருளைகள் மேற்புறம் இருக்குமாறு, ஒரு சமதள மேடையின் மேல் வைக்கவும்.
2. சைன் சட்டத்தின் மேல், வட்டப்பகுதியை வைக்கவும். இப்பொழுது இரண்டு உருளைகளும் வட்டப்பகுதியைத் தொட்டுக் கொண்டு இருக்கும்.
3. சைன் சட்டத்துக்கும் வட்டப்பகுதிக்கும் உள்ள இடைவெளியை நழுவுக் கடிகைகள் கொண்டு அளந்து கொள்ளவும்.
4. வட்டப் பகுதியை சற்றே திருப்பி, மீண்டும் அளவுகளை எடுத்துக் கொள்ளவும்.
5. இதுபோல் குறைந்தது ஐந்து முறை அளவுகள் எடுக்கவும்.
6. ஆரம் = $\frac{d-g}{2} + \frac{l^2}{8(d-g)} - \frac{d}{2}$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, ஆரத்தைக் கணக்கிடவும்,

இங்கு d = சைன் சட்ட உருளைகளின் விட்டம்

g = இடைவெளி

L = சைன் சட்ட உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம்

10.5 மாதிரி அட்டவணை

10.5.1 உருளைகள் -கொண்டு அளத்தல்

எண்	உருளை விட்டம் d மி.மீ	உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம் m மி.மீ	ஆரம் $R = \frac{(m-d)^2}{8\,d}$

மி.மீ

1.	20	158.5	138.5	119.9
2.				
3.				
4.				
5.				

10.5.2 சைன் சட்டம் மூலம் அளத்தல்

எண்.	உருளை விட்டம் மி.மீ	உருளைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் மி.மீ	வெளி ஆரம் மி.மீ	
1.	20	100	10	120 I.e
2.				
3.				
4.				
5.				

10.6 மாதிரி கணக்கு

10.6.1 உருளைகள் கொண்டு அளத்தல்

உருளை விட்டம் = 20 மி.மீ

உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம் = 158.5 மி.மீ

$$\text{ஆரம்} = \frac{(m-d)^2}{8\,d}$$

$$= \frac{(158.5-20)^2}{8 \times 20}$$

= 119.9 மி.மீ

10.6.2 சைன் சட்டம் மூலம் அளத்தல்

உருளை விட்டம் = 20 மி.மீ

உருளைகளுக்கு இடையிலான தூரம் = 100 மி.மீ

அளந்த இடைவெளி g = 10 மி.மீ

ஆரம் = $\frac{d-g}{2} + \frac{l^2}{8(d-g)} - \frac{d}{2}$

= $\frac{20-10}{2} + \frac{100^2}{8(20-10)} - \frac{20}{2}$

= $\frac{10}{2} + \frac{100^2}{8(10)} - 10$

= 5 + $\frac{100 \times 100}{8 \times 10}$ − 10

= 5 + 125 – 10

= 120 மி.மீ

10.7 முடிவு:

உருளைகள் மூலம் அளத்தலில் ஆரம் = 119.9 மி.மீ

சைன் சட்டம் மூலம் அளத்தலில் ஆரம் = 120.0 மி.மீ

10.8 தெரிவு:

25

கருவியாளர் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு கோணத்தை அளத்தல்

1. கருவியாளர் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு கோணத்தை அளத்தல்

MEASUREMENT OF ANGLE USING TOOL MAKERS MICROSCOPE

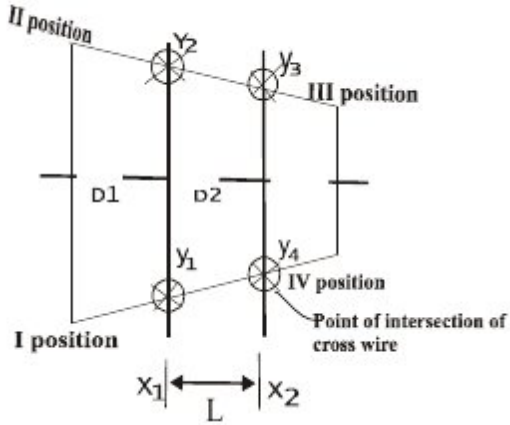
11.1 நோக்கம்

ஒரு கூம்பு உருளையின் கூம்பு கோணத்தை கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்.

11.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	கருவியாளர் நுண்ணோக்கி	150 x 75 மி.மீ	0.001 மி.மீ
2.	கூம்பு உருளை	–	–

11.3 கோட்பாடு



ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் ஒரு கூம்பு உருளையின் கோணத்தை அளக்கும் முறை பாடம் – 6 ல் விரிவாக கூறப்பட்டுள்ளது.

11.4 வழிமுறை

1. கூம்பு உருளையை கருவியாளர் நுண்ணோக்கியின் மையங்களுக்கு இடையே பொருத்தி முடுக்கவும்.
2. நுண்ணோக்கியின் விழியாடியில், உருளையின் நிழல் வடிவமும், குறுக்கு கம்பி இழைகளும் தெளிவாகத் தெரியும்படி சரிசெய்து கொள்ளவும்.
3. நுண்ணோக்கி மேடையில் முன்பக்கமும், பக்கவாட்டிலும் உள்ள நுண்ணளவிகளைக் கொண்டு, குறுக்கு கம்பி இழை மையம் நிழல்வடிவத்தின் ஒரு பக்கத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ளவும்.
4. நுண்ணளவியின் அளவுகளைக் குறித்துக்கொள்ளவும்
5. மீண்டும் முன் பக்கமுள்ள நுண்ணளவியைக் கொண்டு, குறுக்குக் கம்பி இழை மையம் எதிர்பக்கத்தை தொடுமாறு சரி செய்யவும்.
6. நுண்ணளவியின் அளவைக் குறித்துக்கொள்ளவும்.
7. இந்த இரண்டு அளவு வேறுபாடே, கூம்பு உருளையின் அந்த இடத்தின் விட்டமாகும்.

8. இப்பொழுது பக்கவாட்டிலுள்ள நுண்ணளவியைக் கொண்டு 20 மி.மீ தொலைவு பக்கவாட்டில் நகர்த்தலாம்.
9. 3 முதல் 7 வரையிலான வழிமுறையைப் பின்பற்றி அந்த இடத்தில் விட்டத்தை அளக்கவும்.
10. பின்னர் கோணத்தை கணக்கிடவும் கோணம்

$$\tan\theta = \frac{D_1 - D_2}{2L}$$

D_1 = பெரிய விட்டம்

D_2 = சிறிய விட்டம்

L = இரண்டுக்கும் இடையிலான தூரம் = 20 மி.மீ

11.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

எண்.	பக்கவாட்டு நுண்ணளவி அளவுகள்		முன் நுண்ணளவி அளவுகள்				$L = x_2 - x_1$	$D_1 = y_2 - y_1$	$D_2 = y_3 - y_4$	சரிவு $\frac{D_1 - D_2}{2L}$	கோணம் 2θ
	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4	மி.மீ	மி.மீ	மி.மீ		
1	10.00	30.00	5	55	50	10	20	50	40	0.25	28.08°
2											
3.											
4.											
5.											

11.6 மாதிரி கணக்கு

$$\text{சரிவு} = \frac{D_1 - D_2}{2l} = \frac{50 - 40}{2 \times 20} = \frac{10}{40} = 0.25 \text{ மி.மீ/ மி.மீ}$$

$$\tan\theta = \frac{D_1 - D_2}{2l} = 0.25$$

$$\therefore \theta = 14.04^\circ$$

$$\therefore 2\theta = 28.08^\circ$$

11.7 முடிவு:

சரிவு = 0.25 மி.மீ/மி.மீ

கோணம் = 28.08˚

11.8 தெரிவு:

26

வட்டத்தின் ஆரத்தை கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்

1. வட்டத்தின் ஆரத்தை கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்

MEASUREMENT OF RADIUS OF CURVATURE USING TOOL MAKERS MICROSCOPE

12.1 நோக்கம்

ஒரு வட்டத்தின் ஆரத்தை கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்.

12.2 தேவையான கருவிகள்

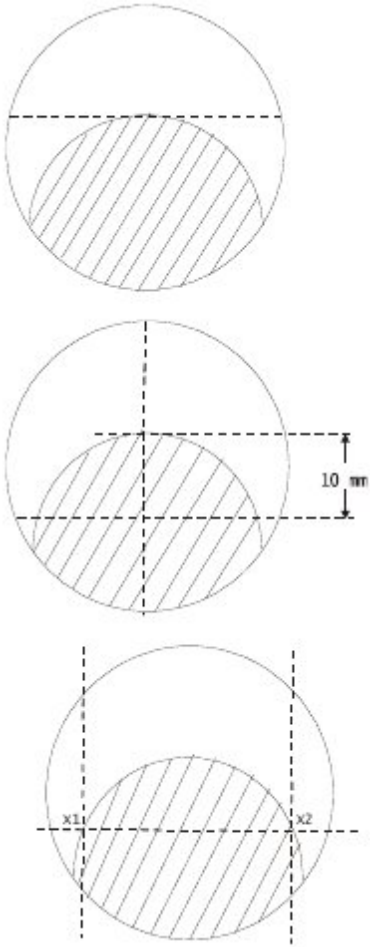
எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	கருவியாளர் நுண்ணோக்கி	150 x 75 மி.மீ	0.001 மி.மீ

12.3 கோட்பாடு

ஒரு சிறிய வட்டமான பொருளையோ, துளையையோ பெரிதுபடுத்தி, அதன் நிழல் வடிவ நாண் உயரத்தையும், நீளத்தையும் அளந்து, ஆரத்தைக் கணக்கிடலாம். இதன் கோட்பாடு பாடம்-13-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆரம் = $\frac{h}{2} + \frac{l^2}{8h}$ என்ற சமன்பாடே இங்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

12.4 வழிமுறை



1. ஆரம் அளக்க வேண்டிய பொருளை கண்ணாடி மேடையின் மேல் வைக்கவும்.
2. நுண்ணோக்கியை சரி செய்து, பொருளின் நிழல் வடிவம் தெளிவாக விழியாடியில் தெரியும்படி பார்த்துக்கொள்ளவும்.
3. முன்பக்க நுண்ணளவியைக் கொண்டு, குறுக்குக் கம்பி இழையின் கிடைக்கோடு வட்டத்தின் மேல்பகுதியைத் தொடுமாறு செய்து அளவு எடுத்துக் கொள்ளவும்.
4. பின்னர் குறுக்குக் கம்பியின் கிடைக்கோட்டை 10 அல்லது 20 மி.மீ தொலைவுக்கு நகர்த்தவும்.
5. இப்பொழுது பக்கவாட்டு நுண்ணளவியைக்

கொண்டு, குறுக்குக் கம்பி இழையின் மையம் வட்டத்தின் ஒரு பக்கத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு சரிசெய்து, நுண்ணளவியின் அளவை குறித்துக் கொள்ளவும் (X1)

6. குறுக்குக் கம்பி இழையின் மையத்தை எதிர்திசையில் உள்ள வட்டப் பகுதிக்கு நகர்த்தி, நுண்ணளவியில் அளவு எடுத்துக் கொள்ளவும் (X2)
7. இந்த இரண்டு அளவுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடே நாண் நீளம் ஆகும்.
8. ஆரம் = $\frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி ஆரத்தைக் கணக்கிடவும்.

12.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

எண்	பக்க நுண்ணளவி அளவுகள் மி.மீ		முன் நுண்ணளவி அளவுகள் மி.மீ		$L = x_2 - x_1$ I.e	$h = y_2 - y_1$ I.e	$R = \frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$ மி.மீ
	X_1	X_2	Y_1	Y_2			
1.	50	10	10	20	40	10	25 மி.மீ
2.							
3.							
4.							
5.							

12.6 மாதிரி கணக்கு

X1 = 50 மி.மீ

X2 = 10 மி.மீ

∴ L = 50 – 10 = 40 மி.மீ

Y1 = 10 மி.மீ

Y2 = 20 மி.மீ

∴ h = 20 – 10 = 10 மி.மீ

ஆரம் = $\frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2}$

$= \frac{40\ x\ 40}{8\ x\ 10} + \frac{10}{2}$

= 25 மி.மீ

12.7 முடிவு

வட்டத்தின் ஆரம் = 25 மி.மீ

12.8 தெரிவு

27

திருகுபுரியின் அளவுகளை ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்

1. திருகுபுரியின் அளவுகளை ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்

MEASUREMENT OF THE ELEMENTS OF SCREW THREAD USING TOOL MAKERS MICROSCOPE

13.1 நோக்கம்

திருகுபுரியின் பெருவிட்டம், சிறுவிட்டம், பயனுறு விட்டம், கோணம், புரியிடைத் தூரம் ஆகியவற்றை ஒரு கருவியாளர் நுண்ணோக்கி மூலம் அளத்தல்

13.2 தேவையான கருவிகள்

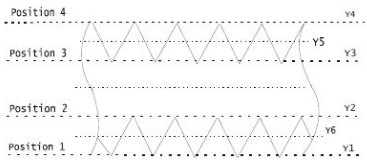
எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	கருவியாளர் நுண்ணோக்கி	75 x 150 மி.மீ	0.001 மி.மீ
2.	மரையாணி	–	–

13.3 கோட்பாடு

ஒரு கருவியின் நுண்ணோக்கி மூலம் திருகுபுரியின் அளவுகளை அளத்தல் பற்றிய கோட்பாடு, பாடம் 8-ல் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.

13.4 வழிமுறை

1. அளக்க வேண்டிய திருகாணியை கருவியாளர் நுண்ணோக்கியின் கூர் மையங்களுக்கு இடையே பொருத்தி, முடுக்கிக் கொள்ளவும்.
2. நுண்ணோக்கியின் ஒளி அச்சை 2.5º -க்கு, புரிக்கு நேராக சாய்க்கவும்.
3. பொருளின் நிழல் வடிவம் தெளிவாகத் தெரியும்படி, நுண்ணோக்கியை சரிசெய்து கொள்ளவும்.
4. திருகாணியின் அளவு பெரிதாக இருந்தால், அதன் முழு நிழல் வடிவமும் தெரியாது. ஒரு பகுதி மட்டுமே தெரியும்.
5. பெரு விட்டம், சிறுவிட்டம் அளத்தல்



(i.) இப்பொழுது நுண்ணோக்கியின் குறுக்கு கம்பி இழையின் கிடைகோட்டை நிழல் வடிவின் ஒரு பக்கத்துக்கு நகர்த்தி அதன் உச்சியைத்தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு செய்து முன்பக்க நுண்ணளவியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (Y1)

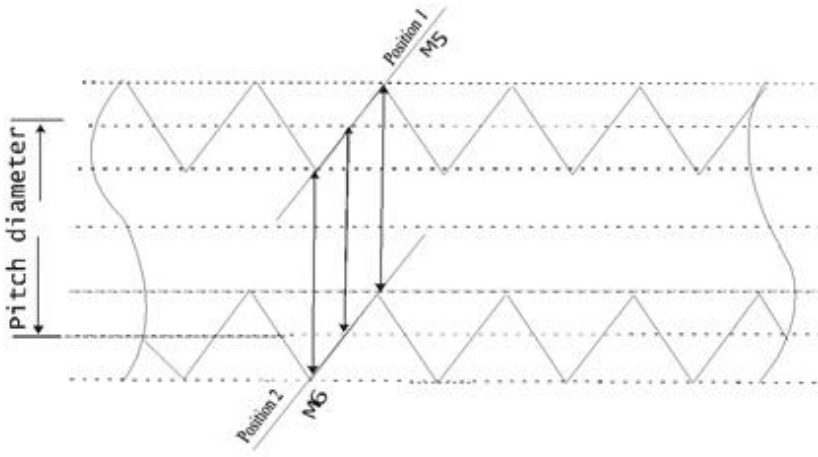
(ii.) அதே கிடைகோட்டை மேலே நகர்த்தி, வேர் பகுதியில் பொருத்தி அளவு எடுக்கவும். (Y2)

(iii.) மேலும் நகர்த்தி, அடுத்த பக்க வேர்ப்பகுதியில் பொருத்தி, அளவு எடுக்கவும். (Y3)

(iv.) மேலும் நகர்த்தி, அடுத்த பக்க உச்சியை பொருத்தி அளவு எடுக்கவும். (Y4)

(v.) Y1 -க்கும், Y4 – க்கும் உள்ள வேறுபாடு பெருவிட்டமாகும்.

(vi.) Y2 -க்கும், Y3 – க்கும் உள்ள வேறுபாடு சிறுவிட்டமாகும்.



1. பயனுறுவிட்டம் அளத்தல் **(Measurement of Effective Diameters)**

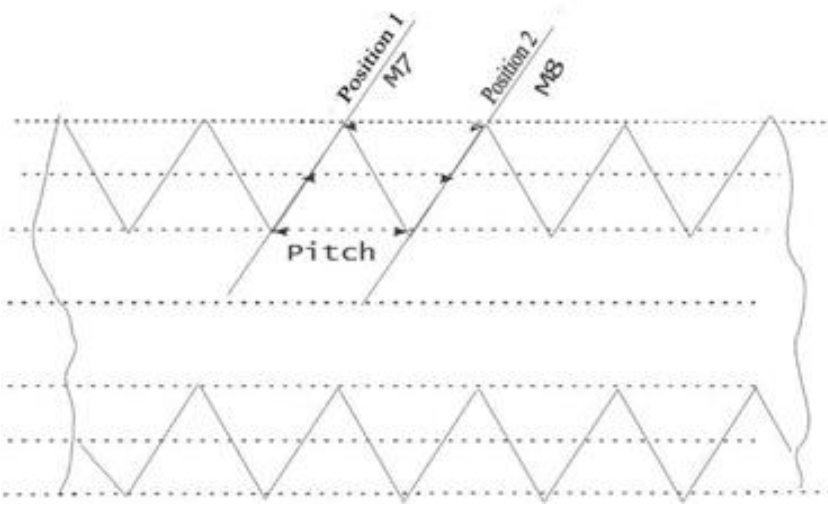
(i.) குறுக்குக் கம்பி இழையை திருப்பி, அதன் செங்குத்துக்கோடு, கீழ்பக்க புரியின் பக்கவாட்டில் அணையுமாறு செய்யவும்.

(ii.) முன்பக்க நுண்ணளவியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும் (Y5)

(iii.) குறுக்குக் கம்பி இழையை அப்படியே மேலே நகர்த்தி, மேல்பக்க புரியின் பக்கத்தில் அணையுமாறு சரிசெய்து கொண்டு முன்பக்க நுண்ணளவியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (Y6)

(iv.) Y5 – க்கும் Y6 – க்கும் உள்ள வேறுபாடே பயனுறு விட்டமாகும்.

1. புரியிடைத் தூரத்தை அளத்தல் **(Measurement of Pitch)**

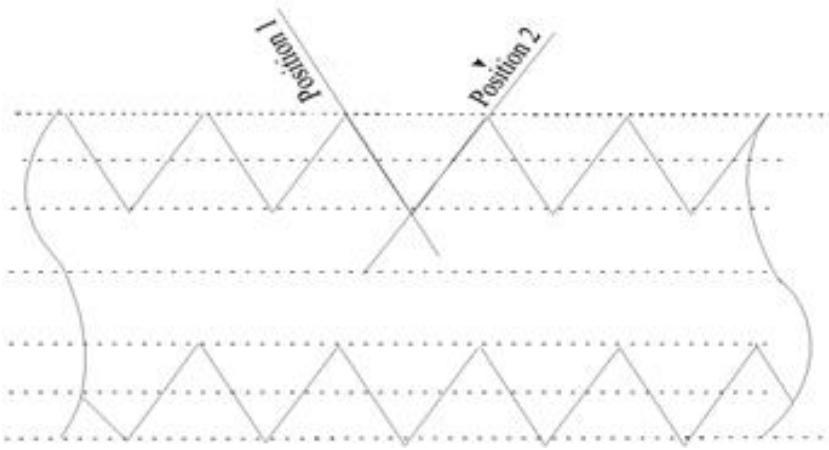


(i.) Y5 – அளவை எடுத்த பிறகு, அதே நிலையில் பக்க நுண்ணளவியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (X1)

(ii.) இப்பொழுது பக்க நுண்ணளவியைக் கொண்டு, குறுக்குக் கம்பியின் கோடு அடுத்த திருகு புரியின் பக்கத்தை அணையுமாறு செய்து, அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (X2)

(iii.) X1 -க்கும் X2 – க்கும் உள்ள அளவு வேறுபாடே புரியிடைத் தூரம் ஆகும்.

1. புரிகோணத்தை அளத்தல் **(Measurement of Thread Angle)**



(i.) குறுக்குக் கம்பி இழையின் மையத்தை திருகுபுரியியலின் பக்கங்கள் இணையும் இடத்தில் சரிசெய்து கொள்ளவும்.

(ii.) குறுக்குக் கம்பி இழை அமைப்பைச் சுற்றி, அதன் ஒரு கோடு புரியின் ஒரு பக்கத்தைத் தொடுமாறு செய்யவும்.

(iii.) இந்நிலையில் கோணமானியில் கோணத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (Θ1)

(iv.) பிறகு, இதே கோடை அடுத்த புரி பக்கத்தை அணையுமாறு திருப்பி சரிசெய்யவும். இந்நிலையில் கோணமானியின் அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவும். (Θ2)

(v.) Θ1 -க்கும் Θ2 – க்கும் உள்ள வேறுபாடே புரியின் கோணமாகும்.

13.5 மாதிரி அட்டவணை

எண்	முன் நுண்ணளவி		பக்க நுண்ணளவி						கோண மானி		பெரு விட்டம்	சிறு விட்டம்	பயனுறு விட்டம்	புரியிடைத் தூரம்	கோணம்
	X_1மி.மீ	X_2 மி.மீ	Y_1 மி.மீ	Y_2 மி.மீ	Y_3 மி.மீ	Y_4 மி.மீ	Y_5 மி.மீ	Y_6 மி.மீ	Θ_1	Θ_2	$Y_4 - Y_1$ மி.மீ	$Y_2 - Y_3$ மி.மீ	$Y_5 - Y_6$ மி.மீ	$X_2 - X_1$ மி.மீ	$\Theta_1 - \Theta_2$
1.	5	8.5	0	2.25	25 4.8	25 7.0	25 7.0	2.27	60º	120°	32	27.55	29.73	3.5	40°
2.															
3.															
4.															
5.															

13.6 மாதிரி கணக்கு

பெருவிட்டம் = Y4 – Y1 = 32 – 0 = 32 மி.மீ

சிறுவிட்டம் = Y2 – Y3 = 29.8 – 2.20 = 27.55 மி.மீ

பயனுறு விட்டம் = Y5 – Y6 = 32.0 – 2.27 = 29.73 மி.மீ

புரியிடைத்தூரம் = X2 – X1 = 8.5- 5 = 35 மி.மீ

புரி கோணம் = Θ1 – Θ2 = 120 – 60 = 60º

13.7 முடிவு **:**

13.8 தெரிவு**:**

28

துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள் கொண்டு பயனுறுவிட்டம் அளத்தல்

1. துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள் கொண்டு பயனுறுவிட்டம் அளத்தல்

(MEASUREMENT OF EFFECTIVE DIAMETER USING PRECISION PINS/ROLLERS)

14.1 நோக்கம்

ஒரு திருகாணியின் பயனுறு விட்டத்தை துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள் கொண்டு அளத்தல்.

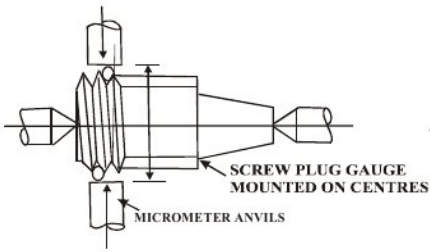
14.2 தேவையான கருவிகள்

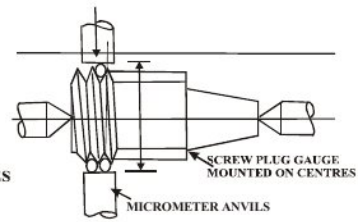
எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	மேசை நுண்ணளவி	0-25 மி.மீ.	0.001 மீ
2.	துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள்	1-20 மி.மீ.	±0.3000

14.3 கோட்பாடு

ஒரு திருகுபுரியின் பயனுறு விட்டம் என்பது ஒரு புரியின் உலோகப் பகுதியும், அடுத்துள்ள இடைவெளிப் பகுதியும் சமமாக இருக்குமாறு வெட்டும் ஒரு கற்பனையான உருளையின் விட்டமாகும்.

இந்த விட்டத்தை நேரடியாக அளக்க இயலாது. மறைமுகமாக, துல்லிய ஊசிகள் / உருண்டைகள் கொண்டோ, நிழல் வடிவத்தைக் கொண்டோ தான் அளக்க முடியும்.





பயனுறு விட்டத்தை அளக்கும் கோட்பாடுகளும், முறைகளும் விரிவாக பாடம்-8இல் கூறப்பட்டுள்ளது.

ஊசிகள் / உருண்டைகளை திருகுபுரியின் காடியில் வைத்து, அவற்றின் மேல் அளவு எடுக்க வேண்டும்.

அப்பொழுது, பயனுவிட்டம் = m – d

$$\left[1 + Cosec\theta - \frac{P}{2}\cot\theta\right] \quad \text{– (1)}$$

இங்கு M = ஊசிகளின் மேல் எடுத்த அளவு

d = ஊசிகளின் விட்டம்

θ = அரை புரிகோணம்

P = புரியிடைத் தூரம்

இம்முறையில், ஊசியின் வட்ட மையம், பயனுறு விட்டக் கோட்டிற்கு அருகில் இருக்குமாறு தேர்ந்தெடுக்க வேண்டுவது அவசியமாகும்.

சரியான ஊசி விட்டம் = $\frac{P}{2}\sec\theta$
– (2)

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடலாம்.

ஒரு திருகுபுரியின் புரியிடைத் தூரமும், புரிகோணமும், ஊசியின் விட்டமும் தெரிந்தால், பயனுறுவிட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

	கோணம் 2 Θ	CosecΘ	CotΘ	E	M
விட்வர்த்	55^0	2.167	1.921	D-0.64p	D +3.1657d – 1.6p
மெட்ரிக்	60^0	2.000	1.732	D-0.6495p	D +3d-1.5155p

இங்கு D = பெருவிட்டம்

திருகு புரியின் கோணத்தை அளக்க, ஒரு சிறிய விட்டமுள்ள ஊசியை முதலில் காடியில் வைத்து அதன் மேல் அளவெடுக்க வேண்டும் (m1). பின்னர் சற்று பெரிய விட்டமுள்ள ஊசியை அதே காடியில் வைத்து அளவெடுக்க வேண்டும். (m2)

$$\text{Sin } \Theta = \frac{d_2 - d_1}{(m_2 - m_1) - (d_2 - d_1)}$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி கோணத்தை அளக்கலாம்.

இங்கு d1 = சிறிய ஊசியின் விட்டம்

d2 = பெரிய ஊசியின் விட்டம்

m1 = சிறிய ஊசியின் மேல் எடுத்த அளவு

m2 = பெரிய ஊசியின் மேல் எடுத்த அளவு

14.4 வழிமுறை

14.4.1 பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

1. திருகாணியின் பெருவிட்டம், புரியிடைத் தூரம், கோணம் ஆகியவற்றைக் கண்டறியவும்.
2. பயன்படுத்தப்பட வேண்டிய சரியான ஊசியின் (Best wire) விட்டத்தைக் கணக்கிடவும்.
3. கணக்கிட்ட, ஊசி விட்டத்திற்கு மிகவும் பக்கமாக உள்ள மூன்று ஊசிகளை செந்தர ஊசித் தொகுதியிலிருந்து தேர்ந்தெடுக்கவும்.

4. விட்டம் அளக்கும் கருவியின் கூர் மையங்களுக்கு நடுவில், திருகாணியைப் பொருத்தவும். (வட்டம் அளக்கும் கருவி இல்லையென்றால், கூர்மைய சாதனத்தைப் பயன்படுத்தி, நுண்ணளவியால் அளவெடுக்கலாம்)
5. திருகாணியின் ஒரு பக்கத்தில் அடுத்தடுத்து காடிகளில் இரண்டு ஊசிகளையும், அதற்கு எதிர்பக்கத்திலுள்ள காடியில் ஒரு ஊசியையும் பொருத்தி, அவற்றின் மேல் அளவு எடுக்கவும் (m)
6. குறைந்தது 5 முறை இச்சோதனையைச் செய்து வெவ்வேறு புரிகளில் அளவெடுக்கவும்.

14.4.2 கோணத்தை அளத்தல்

1. இரண்டு சிறிய விட்டமுள்ள ஊசிகளையும், இரண்டு பெரிய விட்டமுள்ள ஊசிகளையும் தேர்ந்தெடுக்கவும்.
2. முதலில் இரண்டு சிறிய விட்ட ஊசிகளை எதிர் எதிர் திருகு காடிகளில் வைத்து அளவு எடுக்கவும். (m1)
3. பிறகு பெரிய விட்ட ஊசிகளை எதிரெதிர் காடிகளில் வைத்து அளவெடுக்கவும் (m2).
4. கோணத்தைக் கணக்கிடவும்

14.5 மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம் :

அறைவெப்பநிலை : அழுத்தம் : ஈரப்பதம் :

திருகாணியின் அளவு : பெருவிட்டம் = 32 மி.மீ.

புரியிடைத் தூரம் = 35 மி.மீ.

புரிகோணம் = 600

ஊசிவிட்டம் = 2 மி.மீ.

14.5.1 பயனுறு விட்டம் அளத்தல்

எண்	ஊசிகளின் மேல் அளவு மி.மீ.	d(1 + Cosecθ)	$\frac{P}{2}$ Cotθ	பயனுறுவிட்டம் மி.மீ.
1.	32.7	6	3.031	29.731
2.				
3.				
4.				
5.				

14.5.2 கோணம் அளத்தல்

ஊசி விட்டம் d1 = 2.00 மி.மீ. d1 = 4.00 மி.மீ.

எண்	M1	M2	(M2-M1)	(d2-d1)	sinθ	θ	2θ
1.	29.7	35.7	6.0	2	0.5	30	

60^0

2.
3
4
5.

14.6 மாதிரி கணக்கு

14.6.1 பயனுறுவிட்டம் அளத்தல்

32 x 3.5 மி.மீ மெட்ரிக் திருகாணியை 2 மி.மீ. விட்டமுள்ள ஊசியைக் கொண்டு அளந்தால், பயனுறுவிட்டம் எவ்வளவு?

ஊசியின் மேல் எடுத்த அளவு = 32.7 மி.மீ.

பயனுறு விட்டம் = M-d [1+cosecΘ] + $\frac{P}{2}$ cotΘ

M = 32.7 மி.மீ.

d = 2 மி.மீ.

2Θ = 60^0

P = 3.5 மி.மீ.

பயனுறு விட்டம் E = 32.7 – 2 [1+cosec 30^0] + $\frac{3.5}{2}$ cot 30^0

= 32.7 – 2 [1+2.0] + $\frac{3.5}{2}$ x1.732

= 32.7 - 6+3.031

= 29.731 மி.மீ.

சரியான ஊசியின் விட்டம் = $\frac{P}{2}$ sec Θ

= $\frac{3.5}{2}$ x 1.154

= 2.02 மி.மீ.

= 2.00 மி.மீ.

14.6.2 கோணத்தை அளத்தல்

$$\text{Sin}\,\Theta = \frac{d_2 - d_1}{(m_2 - m_1) - (d_2 - d_1)}$$

$$= \frac{2}{6-2} = \frac{2}{4} = 0.5$$

∴ Θ = 30^0

∴ புரிகோணம் = 2Θ = 2 x 30 = 60^0

14.7 முடிவு

பயனுறுவிட்டம் = 29.731 மி.மீ

புரிகோணம் = 60^0

14.8 தெரிவு

29

பல் சக்கரத்தை அளத்தல்

1. பல் சக்கரத்தை அளத்தல்

MEASUREMENT OF GEARS

15.1 நோக்கம்

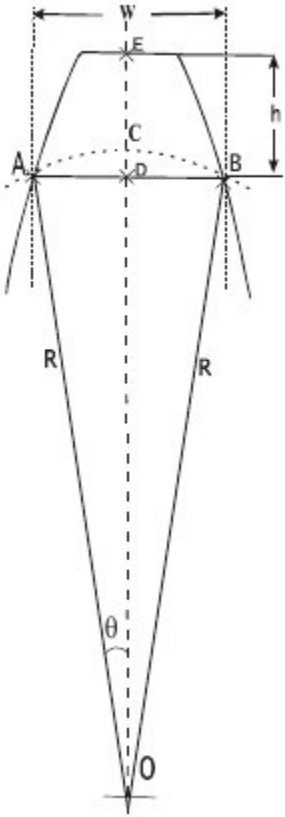
ஒரு பல்சக்கரத்தின் பல் தடிமனை அச்சு விட்டத்திலும், நிலை நாண் விட்டத்திலும் அளத்தல்

15.2 தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	பல்சக்கர வெர்னியர் அளவி	0 – 150 மி.மீ	0.02 மி.மீ

15.3 கோட்பாடு

ஒரு பல் சக்கரத்தை அச்சு விட்டத்திலும், நிலை நாண் விட்டத்திலும் அளத்தல் பற்றிய கோட்பாடு பாடம் 9-ல் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.



பல்லிடை வட்டத்தில் (Pitch Circle) பல் தடிமனை அளக்க, பல்லின் மேற்பரப்பிலிருந்து பல்லிடை வட்டத்துக்கு உள்ள உயரம் (h) தெரிய வேண்டும்.

$$h = \frac{N}{M}\left[1 + \frac{2}{N} - \frac{\cos\emptyset^{\circ}}{N}\right] \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

பல் தடிமனில் உள்ள பிழையைக் கண்டறிய அதன் சரியான பல்தடிமனைக் கணக்கிட்டு அறிய வேண்டும்.

பல்லிடை வட்டத்தில் பல்தடிமன் = W = NM sin ($\frac{90}{N}$) ... (2)

இதேபோல், நிலைநாண் முறையில்,

h = M[1-$\frac{\pi}{4}\cos\Psi \sin\Psi$]..... (3)

w =$\frac{\pi}{2}$ $M_{\cos^2\Psi}$ ..... (4)

இந்த சமன்பாடுகளைக்கொண்டு, சரியான பல்தடிமனைக் கணக்கிட்டுக் கொண்டு அளந்த பல்தடிமன் அளவோடு அதனை ஒப்பிட்டு பிழையைக் கண்டறியலாம்.

15.4 வழிமுறை

1. ஒரு பல் சக்கரத்தின் தடிமனையும் (W) உயரத்தையும் (h) அச்சு விட்டத்திலும், நிலை நாண் முறையிலும், கணக்கிட்டுக் கொள்ளவும்.
2. அச்சுவிட்டத்தில் பல் தடிமனை அளக்க, பல் சக்கர வெர்னியர் அளவியின் நெடுக்கை சட்டத்தை (h) உயரத்திற்கு நகர்த்தி, முடுக்கிக் கொள்ளவும்.
3. நெடுக்கை சட்டம் பல்லின் மேற்புறம் பொருந்துமாறு வைத்து பல் தடிமனை அளக்கவும்.
4. குறைந்தது ஐந்து பற்களுக்கு இந்த அளவுகளை எடுக்கவும்.
5. நிலை நாண் முறையில் பல்தடிமனை அளக்க இதே முறையைப் பின்பற்றவும்.

15.5 மாதிரி அட்டவணை

15.5.1 அச்சு விட்டத்தில் பல்தடிமன் அளக்க

நாள் : நேரம்:

அறை வெப்பநிலை : அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

பல் சக்கரத்தின் பல் எண்ணிக்கை N = 18

பல்விட்டம் M = 5

எண்	h மி.மீ	M X N மி.மீ	$\sin\frac{90}{N}$	கணக்கிட்டளந்த Wc மி.மீ	Wm மி.மீ	பிழை மி.மீ (Wc – Wm) மி.மீ
1.	5.175	90	0.087	7.83	7.8	+ 0.03
2.						
3.						
4.						
5.						

15.5.2 நிலை நாண் முறையில் அளக்க

எண்	h மி.மீ	கணக்கிட்டளந்த Wc மி.மீ	Wm மி.மீ	பிழை மி.மீ (Wc – Wm) மி.மீ
1.	6.261	6.3	6.29	+ 0.01
2.				
3.				
4.				
5.				

15.6 மாதிரி கணக்கு

15.6.1 அச்சு வட்டத்தில் பல் தடிமன் அளக்க

M = 5

N = 18

∴ h = $\frac{NM}{2}\left[1+\frac{2}{N}-\cos\left(\frac{90}{N}\right)\right]$

$$= \frac{18\ x\ 5}{2}\ \left[1 + \frac{2}{18N} - \cos\left(\frac{90}{18}\right)\right]$$

= 5.175 மி.மீ

கணக்கிட்ட Wc = NM Sin $\frac{90}{N}$

$= 5 \text{ X } 18 \text{ Sin}\left(\frac{90}{18}\right)$

= 90 X 0.087

= 7.83 மி.மீ

அளந்த W m = 7.80 மி.மீ

∴ பிழை = 7.83 – 7.80 = 0.03 மி.மீ

15.6.2 நிலை நாண் முறையில் பல்தடிமன் அளக்க

M = 5

N = 18

அழுத்த கோணம் Y = 20°

$$\therefore h = \mathrm{M}\ \left[1 + \frac{\pi}{4N}\cos\Psi\ \sin\Psi\right]$$

$$= \mathrm{M}\ \left[1 + \frac{\pi}{4N}\cos 20\ \sin 20\right]$$

= 6.261 மி.மீ

கணக்கிட்ட பல் தடிமன் $Wc = \frac{\pi}{2}\ \mathrm{M}\ \mathrm{Cos}^2\ \Psi$

$$= \frac{3.14 \text{ X } 5}{2} \text{ Cos}^2 \ 20$$

$$= \frac{3.14 \text{ X } 5}{2} \text{ x } 0.883$$

= 6.3 மி.மீ

அளந்த பல் தடிமன் W m = 6.29 மி.மீ

ஃ பிழை = 6.3 மி.மீ – 6.29 மி.மீ

= + 0.01 மி.மீ

15.7 முடிவு:

பல்லிடை வட்டத்தில் பிழை = + 0.03 மி.மீ

நிலை நாண் முறையில் பிழை = + 0.01 மி.மீ

15.8 தெரிவு:

30

பல்சக்கரத்தின் பல்தடிமனை அடி வட்டத்தில் அளத்தல்

1. பல்சக்கரத்தின் பல்தடிமனை அடி வட்டத்தில் அளத்தல்

MEASUREMENT OF TOOTH THICKNESS AT BASE CIRCLE

16.1. நோக்கம்

ஒரு பல்சக்கரத்தின் பல்தடிமனை ஒரு வெர்னியர் அளவு, பல்சக்கர நுண்ணளவி மூலம் அளத்தல் அல்லது அடிவட்டத்தில் அளத்தல்

16.2. தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	வெர்னியர் அளவி (அ)	0-150 மி.மீ.	0.02மி.மீ.

பல்சக்கர நுண்ணளவி
25-50 மி.மீ. 0.01மி.மீ.

16.3. கோட்பாடு

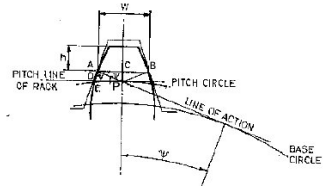
ஒரு பல்சக்கரத்தின் பல்லின் தடிமனை அடிவட்டத்தில் அளப்பது பற்றிய கோட்பாடு பாடம் 9-ல் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. அதன்படி குறிப்பிட்ட பற்களுக்கு இடையிலான பல்தடிமன்

$$W = MN \cos\left[\frac{\Pi}{N} - \frac{\Pi}{2N}\right] + (\tan -)$$

இங்கு S என்பது அளக்கும் இடைவெளியில் உள்ள பற்களின் எண்ணிக்கை ஆகும்.

எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட பற்களுக்கான தூரத்தை இந்த

சமன்பாட்டின் மூலம் கணக்கிட்டு விட்டு, பிறகு அளந்து, இரண்டுக்குமுள்ள வேறுபாட்டைக் கண்டறியலாம். இதுவே பிழை எனப்படும்.



16.4. வழிமுறை:

1. ஒரு குறிப்பிட்ட பற்களுக்கான தூரத்தை சமன்பாட்டின் மூலம் கண்டறியலாம்.
2. இதே பற்களுக்கான தூரத்தை ஒரு வெர்னியர் அளவியின் மூலமாகவோ அல்லது ஒரு பல்சக்கர நுண்ணளவி மூலமாகவோ அளக்கவும்.
3. இரண்டுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டைக் கண்டறியவும். இதுவே அடிவட்டத்தில் பல்லின் தடிமன் பிழை ஆகும்.
4. இந்த வழிமுறையில் குறைந்தது 5 முறை வெவ்வேறு பல் இடைவெளிகளில் அளவு எடுக்கவும்.

16.5. மாதிரி அட்டவணை

நாள்: நேரம்:

வெப்பநிலை: அழுத்தம்: ஈரப்பதம்

பல்சக்கரம்: பல் எண்ணிக்கை N = 18

பல் விட்டம் M = 5

அழுத்த கோணம் = 20^0

எடுத்த அளவில் பல் எண்ணிக்கை S = 3

கோ. எண்	MN அளவு	Cos	tan-	கணக்கிட்டது	எடுத்த அளவு	பிழை

W1						
1.	90	0.94	0.364 – 0.348	37.98	38.00	+0.02 மி.மீ.

=0.016

2.
3.
4.
5.

16.6: மாதிரி கணக்கு

கணக்கிட்ட அளவு W1 = MN cos [$\frac{\Pi S}{N} - \frac{\Pi}{2N}$ + (tan –)]

= 5×18 cos 20 [$\frac{3.14x3}{18} - \frac{3.14}{2x18}$ + (tan –)

= 90×0.94 [0.52-0.087 + (0.364 – 0.348]

= 90×0.94 [0.52 -0.087 + 0.016]

= 37.98 I.e.

எடுத்த அளவு = 38.00 மி.மீ.

பிழை = 38.00-37,98 = 0,02 மி.மீ.

16.7. முடிவு

16.8. தெரிவு

31

பல்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழையை அளத்தல்

1. பல்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழையை அளத்தல்

MEASUREMENT OF COMPOSITE ERROR OF A GEAR

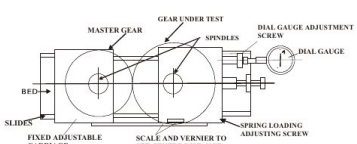
17.1. நோக்கம்

ஒரு பல்சக்கரத்தின் கூட்டுப் பிழையை சுழலும் பல்சக்கர எந்திரத்தின் மூலம் அளத்தல்,

17.2. தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	சுழலும் பல்சக்கர எந்திரம் (Rolling Gear Tester)	500மி.மீ.	0.001 மி.மீ.
2.	நழுவுக் கடிகை தொகுதி	1-100மி.மீ.	தரம் II
3.	செந்தர பல்சக்கரம் பற்கள் = 18	பல்விட்டம் 5	–
4.	வெர்னியர் அளவி	300 மி.மீ.	0.02 மி.மீ.

17.3. கோட்பாடு



பாடம் 9-ல், பகுதி 9.11-ல் கூட்டுப்பிழை அளத்தல்

பற்றிய கோட்பாடு விளக்கப்பட்டுள்ளது.

17.4. வழிமுறைகள்

1. முதலில் சரிபார்க்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தின் பல்விட்டத்துக்கு ஏற்ற துல்லிய செந்தர பற்சக்கரத்தைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.
2. பிறகு அவற்றின் பல்லிடை ஆரங்களைக் கணக்கிட வேண்டும்.

$$\text{பல்லிடை ஆரம்} = \frac{M \times N}{2}$$

1. நிலை சேணத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அச்சுத் தண்டின் ஆரத்தையும், நகரும் சேணத்தில் உள்ள அச்சுத் தண்டின் ஆரத்தையும் துல்லியமாக அளந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்,
2. இரண்டு பற்சக்கரங்கள் அவற்றின் பல்லிடை விட்டத்தில் சுழல வேண்டும் என்பது விதி. ஆகவே நிலையான அச்சுத் தண்டின் மையத்திற்கும், நகரும் சேண அச்சுத் தண்டின் மையத்துக்கும் உள்ள இடைவெளி

$$A = \frac{MN_1}{2} + \frac{MN_2}{2},$$

N1 = துல்லிய செந்தர பற்சக்கரத்தில் உள்ள பல் எண்ணிக்கை,

N2 = அளக்க வேண்டிய பற் சக்கரத்தின் பல் எண்ணிக்கை

என்று இருக்குமாறு நகரும் சேணத்தை நகர்த்த வேண்டும். இந்நிலையில் அடிப்பெட்டியோடு மேல் பெட்டி கட்டப்பட்டிருக்க வேண்டும். இங்கு, இரண்டு அச்சுத் தண்டுகளுக்கு இடையிலுள்ள தூரத்தைச் சரியாக அளப்பது முடியாது. எனவே இரண்டு அச்சுத்

தண்டுகளின் பக்கவாட்டு இடைவெளியை கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

பக்க வாட்டு தூரம்

B = A-(R1 + R2). R1,R2 என்பவை அச்சுத் தண்டுகளின் ஆரம்.

1. பக்கவாட்டு தூரத்தைக் கணித்த பிறகு, அந்த அளவுக்கு நழுவுக் கடிகைகளை (Slip gauges) சேர்த்து இணைத்துக் கொள்ள வேண்டும். அதை இரண்டு தண்டுகளுக்கும் இடையில் பிடித்துக் கொண்டு நகரும் சேணத்தை மெதுவாக நகர்த்த வேண்டும். சரியாக நகர்த்தி முடித்ததும், நழுவுக் கடிகைகளை எடுத்துவிட வேண்டும்.
2. பிறகு நகர் சேணத்தை நிலையாகப் பூட்டி விட்டு, பற்சக்கரங்களை அவற்றிற்குரிய அச்சுத் தண்டுகளில் பொருத்த வேண்டும்.
3. இரண்டு பற்சக்கரங்களுக்கு இடையேயான அழுத்தம், பல்விட்டத்துக்கு ஏற்ப மாறும். சரியான அழுத்த அளவைத் தேர்ந்தெடுத்து, பட்டை வில் மூலம் கொடுக்க வேண்டும். இதற்கான அமைப்பு எந்திரத்தில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அழுத்தத்தைக் கொடுத்த பிறகு, மேல் பெட்டியை விடுதலை செய்து விடலாம். இப்பொழுது மேல்பெட்டி கீழ்பெட்டியின் மேல் மிதந்து கொண்டு இருக்கும்.
4. சேணத்தின்மேல் பெட்டியின் பக்க வாட்டில் ஒரு முகப்புமானி (dial gauge) பொருத்தப் பட்டிருக்கும். அதன் அச்சு முனை கீழ்ப்பெட்டியைத் தொட்டுக் கொண்டிருப்பதால் மேல்பெட்டி நகரும்போது அது எவ்வளவு நகர்கிறது என்பதை முகப்புமானி காட்டி விடும்.
5. முதலில் இரண்டு பற்சக்கரங்களில் உள்ள பற்களும் சமமாக, நேராக பொருந்தியிருக்குமாறு சரிசெய்து கொண்டு விட்டு, முகப்புமானியின் அளவை 0-என்று இருக்குமாறு சரிசெய்ய வேண்டும்.
6. இப்பொழுது அளக்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தை சரியாக ஒரு பல்லின் கோண அளவுக்குத் திருப்ப

வேண்டும். இதற்கு கோண அளவிகளையோ, திருப்புத் தட்டுக்களையோ அல்லது ஊசிமுனை குறிகாட்டியையோ பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்.

7. இந்நிலையில் முகப்புமானியில் உள்ள அளவு பற்சக்கரத்தின் அந்த பல்லுக்குரிய பிழையாகும். இதனைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.
8. இதேபோல், அளக்க வேண்டிய பற்சக்கரத்தை சுழற்றி ஒவ்வொரு பல்லின் பிழையையும் அளந்து குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். எந்த பல்லில் அளவு தொடங்கப்பட்டதோ அதே பல்லில்தான் அளவு முடியவேண்டும். அளக்கும் முறை சரியாக இருந்தால் கடைசி அளவு 0-என்றே இருக்க வேண்டும். ஆனால் தவிர்க்க முடியாத காரணங்களால் இந்த அளவு மாறும்.
9. இந்த பிழைகளை ஒரு வரைபடத்தில் வரைந்து பார்த்தால் பிழைகள் எப்படி மாறுபடுகிறது என்பது தெளிவாக விளங்கும்.
10. அளக்கும் முறைகளில் ஏற்படும் சில தவிர்க்க இயலாத காரணங்களால், இறுதி அளவு 0-என்று இல்லாமல் வேறு அளவைக் காட்டும். இந்த அளவை மற்ற பற்களுக்கும் பங்கிட்டு சமன் செய்ய வேண்டும்.

இதற்கு முதல் புள்ளியையும், கடைசி புள்ளியையும் இணைத்து கோடுபோட்டு, இக்கோட்டை புதிய அச்சுக் கோடாகக் கொண்டு, புதிய வரைபடத்தை வரைய வேண்டும்.

17.5. மாதிரி அட்டவணை

நாள் நேரம்

வெப்பநிலை அழுத்தம் ஈரப்பதம்

பற்சக்கரம் பற்கள் = 18

பல்விட்டம் = 5

அழுத்த கோணம் = 20

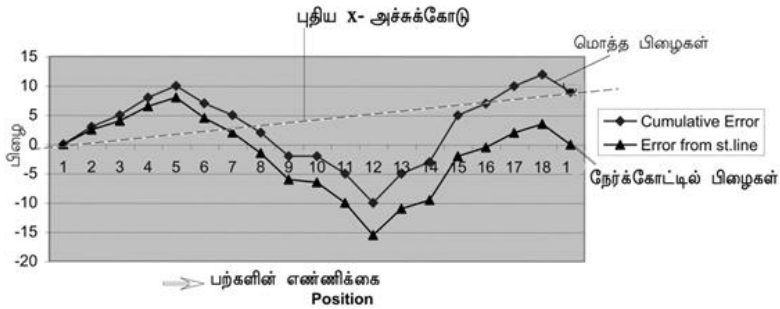
17.5.1. வில் அழுத்தத்தை தேர்வு செய்ய

பல்விட்டம் Module	0.6-1.6	1.6-3	3-12
வில் அழுத்தம்	0.25-0.5 கிலோ	0.5-1 கிலோ	1-1.5 கிலோ

17.5.2. அளவு எடுக்க

பல் எண்	முகப்புமானி	நுழைந்த பிழையை சமன் செய்தல்	கூட்டுப் பிழை
1.	0	0	0
2.	+3	-0.5	+2.5
3.	+5	-1.0	+4.0
4.	+8	-1.5	+6.5
5.	+10	-2.0	+8.0
6.	+7	-2.5	+4.5
7.	+5	-3.0	+2.0
8.	+2	-3.5	-1.5
9.	-2	-4.0	-6.0
10	-2	-4.5	-6.5
11	-5	-5.0	-10.0
12	10	-5.5	-15.5
13	-5	-6.0	-4.0
14	-3	-6.5	-9.5
15	+5	-7.0	-2.0
16	+7	-7.5	-0.5
17	+10	-8.0	+2.0
18. மீண்டும்	+12	-8.5	+3.5

17.6. வரைபடம்



17.7.1. நழுவுக் கடிகை தொகுதி அளவு கண்டறிதல்

செந்தர பல்சக்கரத்தின் பல்லிடை ஆரம் = $\frac{NM}{2} = \frac{18x5}{2}$ = 45மி.மீ,

அளவிடு பல்சக்கரத்தின் பல்லிடை ஆரம் = $\frac{18x5}{2}$ = 45 மி.மீ,

செந்தர பல்சக்கர அச்சுத் தண்டின் ஆரம் = 15 மி.மீ.

அளவிடும் பல்சக்கர அச்சுத் தண்டின் ஆரம் = 12.5 மி.மீ.

எனவே, அச்சுத் தண்டுகளுக்கு இடையிலான தூரம் = (45 + 45) – (15 + 12.5)

= 90-27.5

= 62.5 மி.மீ.

எனவே, சேர்க்க வேண்டிய நழுவுக் கடிகை தொகுதி அளவு = 62.5 மி.மீ,

17.7.2. நுழைந்த பிழையை சமன் செய்தல

கடைசி அளவு = +9 மை.மீ.

5-ஆம் பல்லுக்குரிய பிழை = $\frac{9}{18}$ x 5 = 2.5 மை.மீ.

எனவே 5-ஆம் பல்லுக்குரிய

பிழை திருத்தம் = -2.5 மை.மீ.

17.8. முடிவு

17.8. தெரிவு

32

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை சாராய மட்டம் மூலம் அளத்தல்

1. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை சாராய மட்டம் மூலம் அளத்தல்

MEASUREMENT OF STRAIGHTNESS USING SPIRIT LEVEL

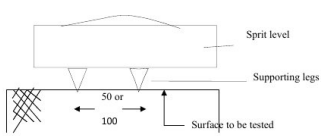
18.1. நோக்கம்

ஒரு சம தளத்தின் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை சாராய மட்டம் மூலம் அளத்தல்.

18.2. தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	சாராய மட்டம்	200மி.மீ.	0.02 மி.மீ./மீ
2.	சமதளம் கருங்கல்(அ) உருக்கிரும்பு	1000 x 630மி.மீ.	தரம் I
3.	நேர் சட்டம்	1000 மி.மீ.	தரம் A
4.	கத்திமுனை முளைகள்	–	–

18.3. கோட்பாடு



சாராய மட்டம் கொண்டு நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்கும் கோட்பாடு பாடம் 11-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

18.4. வழிமுறை

1. 100மி.மீ. இடைவெளியில் இரண்டு கத்திமுனை முளைகள் கொண்ட அடிமனையை நழுவுக் கடிகை துணைக் கருவிகள் பெட்டியிலிருந்து உருவாக்கிக் கொள்ளவும்.
2. அதன் நடுவில் சாராய மட்டத்தை வைக்கவும்.
3. சமதள பரப்பில் அளவெடுக்க வேண்டிய ஒரு கோட்டை தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளவும். ஒரு 1000மி.மீ. நேர் சட்டத்தை சமதளத்தின் மேல் வைத்து, அதன் ஒரு பக்கத்தை நேர்க்கோடாகக் கொண்டு அளக்கலாம் அல்லது ஒரு நேர்க்கோட்டை வரைந்து கொண்டு அந்த கோட்டின் மேல் அளவெடுக்கலாம்.
4. தேர்ந்தெடுத்த கோட்டின் மேல் 100 மி.மீ. இடைவெளியில் புள்ளிகள் வைத்துக் கொள்ளவும்.
5. சாராய மட்டம் வைக்கப்பட்ட அடிமனையை முதல் நிலையில் வைத்து, அளவு எடுக்கவும்.
6. இந்த அடிமனையை அடுத்த 100மி.மீ.-க்கு நகர்த்தி அளவு எடுக்கவும்.
7. இப்படியே, ஒவ்வொரு 100மி.மீ. இடைவெளிக்கும் அடிமனையை அடுத்தடுத்து நகர்த்தி மொத்த தூரத்துக்கும் அளவு எடுத்துக் கொள்ளவும்.
8. நேர்க்கோட்டுத் தன்மை பிழையைக் கணக்கிடவும்.

18.5. மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

நிலை	சாராய மட்ட அளவு **Ri**	முதல் அளவிலிருந்து வேறுபாடு **Ri – R1**	மேடு (அ) மை.மீ	மொத்த மேடு, பள்ளம்	இரண்டு முனைகளுக்கிடையிலிருந்து சமன் செய்ய திருத்தம்	நேர்க்கோட் பிழை
				0	0	0
0-100	5	0	0	0	-4	-4
100-200	8	+3	+6	+6	-8	-2
200-300	10	+5	+10	+16	-12	+4

300-400	7	+2	+4	+20	-16	+4
400-500	5	0	0	+20	-20	0
500-600	3	-2	-4	+16	-24	-8
600-700	5	0	0	+16	-28	-12
700-800	9	+4	+8	+24	-32	-8
800-900	10	+5	+10	+34	-36	-2
900-1000	8	+3	+6	+40	-40	0

18.6. மாதிரி கணக்கு

சாராய மட்டம் நுட்பம் = 0.02.மி.மீ../ மீ.

100 மி.மீ. இடைவெளியில் நுட்பம் = $\frac{0.02}{1000}$ x 100

= 0.002 மி.மீ.

= 2 மை.மீ.

கடைசி நிலையில் மொத்த பிழை = +40 மை.மீ.

நிலை 500-600மி.மீ. நிலையில் சமன் செய்ய வேண்டிய அளவு

$\frac{40}{10}$ x 6 மை.மீ.

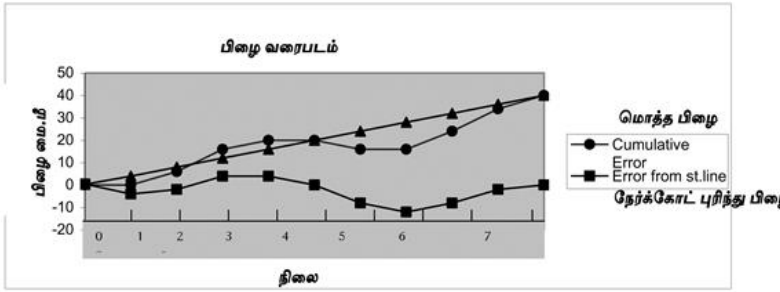
= -24 மை.மீ.

500-600 நிலையில் மொத்த பிழை = +16 மை.மீ.

∴ 500 -600 நிலையில் சமன் செய்ய வேண்டிய பிழை = -24மை.மீ.

∴ 500-600 நிலையில் நேர்க்கோட்டுப் பிழை = -8 மை.மீ.

18.7. வரைபடம்



18.8. முடிவு

18.9. தெரிவு

33

நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை தானெதிர் ஒளிமானியைக் கொண்டு அளத்தல்

1. நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை தானெதிர் ஒளிமானியைக் கொண்டு அளத்தல்

MEASUREMENT OF STRAIGHTNESS ERROR USING AUTO COLLIMATOR

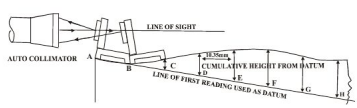
19.1. நோக்கம்

ஒரு சமதளத்தின் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை தானெதிர் ஒளிமானியின் மூலம் அளத்தல்

19.2. தேவையான கருவிகள்

எண்	கருவி	அளவு	நுட்பம்
1.	தானெதிர் ஒளிமானி	30மீ.	1 வினாடி கோணம்
2.	சமதளம்	1000X 630மி.மீ.	தரம் I
3.	நேர் சட்டம்	1000 மி.மீ.	தரம் A

19.3. கோ ட்பாடு



ஒரு தானெதிர் ஒளிமானி மூலம் நேர்க்கோட்டுத் தன்மையை அளக்கும் கோட்பாடு பாடம் 11-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

19.4. வழிமுறைகள்

1. நேர் சட்டத்தை சமதளத்தின் மேல் வைத்துக் கொள்ளவும்.

2. தானெதிர் ஒளிமானியை அதன் ஒரு முனையில் வைத்து சரிசெய்து கொள்ளவும்.
3. கண்ணாடியுள்ள அடிமனையை அதற்கு மிக அருகில் வைத்து, விழியாடியில் குறுக்குக் கம்பி இழைகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு சரி செய்யவும்.
4. இப்பொழுது அடிமனையை நேர்சட்டத்தின் அடுத்த முனைக்கு நகர்த்தி, கம்பி இழைகள் தெரிகின்றதா என்பதைப் பார்க்கவும். அப்படி தெரிந்தால், தானெதிர் ஒளிமானியின் ஒளி அச்சுக்கும் நேராக நேர் சட்டம் இருக்கிறது என்று பொருள். இல்லையென்றால், நேர் சட்டத்தை சரிசெய்து கொள்ளவும். அடிமனையை முதலிடத்திலிருந்து கடைசி வரை நகர்த்தும் போது குறுக்குக் கம்பி இழைகள் தெளிவாகத் தெரியும் படி சரிசெய்து கொள்வது மிகவும் முக்கியம் ஆகும்.
5. கண்ணாடி அடிமனையை தானெதிர் ஒளிமானிக்கு மிக அருகில் வைத்து, அளவெடுத்துக் கொள்ளவும். இது 0-100 மி.மீ. நிலையில் உள்ள முதலிடம்.
6. அடுத்து அடிமனையை 100-200 மி.மீ நிலைக்கு நகர்த்தி அளவெடுக்கவும்.
7. இப்படியே மொத்த தூரத்துக்கும், ஒவ்வொரு 100 மி.மீ. இடைவெளியில் அடிமனையை அடுத்தடுத்து நகர்த்தி அளவெடுத்துக் கொள்ளவும்.
8. அடிமனை கடைமுனைக்கு போனதும், மீண்டும் அங்கிருந்து அதனை 100மி.மீ. இடைவெளியில், தானெதிர் ஒளிமானியை நோக்கி நகர்த்தி அளவெடுத்துக் கொள்ளவும்.

அடிமனையை முன்னால் நகர்த்தும் போது பிழையில்லாமல் நகர்த்தப்பட்டுள்ளதா என்பதை சரிபார்க்கவும், திரும்பு திசையில் அளக்கும் போது, அளக்கும் கருவி சரியாக உள்ளதா என்பதை சரிபார்க்கவும் இந்த வழிமுறை பயன்படும்.

1. முன்னால் நகர்த்தும் போது எடுத்த அளவுக்கும், பின்னால் நகர்த்தும் போது எடுத்த அளவுக்கும் உள்ள சராசரியை கணக்கிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

2. பிறகு நேர்க்கோட்டுத் தன்மை பிழையைக் கணக்கிடவும்.
3. மனையின் நிலையில் மொத்த பிழை மற்றும் நேர்க்கோட்டுப் பிழையை வரைபடமாக வரையவும்.

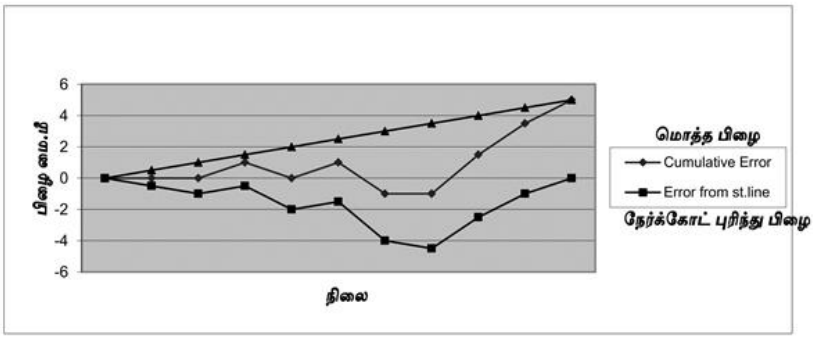
19.5. மாதிரி அட்டவணை

நாள் : நேரம்:

வெப்பநிலை அழுத்தம்: ஈரப்பதம்:

நிலை	கோண அளவு		முதல் அளவிலிருந்து வேறுபாடு R_i - R_1 வினாடிகள்	மேடு பள்ளம் x 0.5 மை.மீ.	மொத்த மேடு பள்ளம் மை.மீ.	நேர்க் கோட்டுத் திருத்தம்	நேர்க் கோட்டுப் பிழை மை.மீ.
	நொடி	வினாடி					
0						0	0
0-100	2	10	0	0	0	-0.5	-0.5
100-200	2	10	0	0	0	-1.0	-1.0
200-300	2	12	+2	+1	+1	-1.5	-0.5
300-400	2	08	-2	-1.0	+0	-2.0	-2.0
400-500	2	12	+2	+1.0	+1.0	-2.5	-1.5
500-600	2	06	-4	-2.0	-1.0	-3.0	-4.0
600-700	2	10	+0	+0	-1.0	-3.5	-4.5
700-800	2	15	+5	+2.5	+1.5	-4.0	-2.5
800-900	2	18	+4	+2.0	+3.5	-4.5	-1.0
900-1000	2	13	+3	+1.5	+5.0	-5.0	0

19.6. வரைபடம் **:** நிலை **–** பிழை



19.7. மாதிரி கணக்கு

19.7.1. மொத்த மேடுபள்ளம் கணக்கிட

200-300 மி.மீ. நிலையில் அளவு = 2′ 12″

முதல் நிலையில் அளவு = 2′ 10″

∴ வேறுபாடு (Ri-R1) = 2′ 12″-2′ 10″ = +2 ”

மேடு / பள்ளம் = +2 x 0.5 = +1 மை.மீ.

(இங்கு கருவியின் நிலை எண் K= 0.5 மை.மீ.ஆகும்)

அடிமனையின் நீளம் மற்றும் குவிமையத் தூரம் ஆகியவற்றைப் பொருத்து இது மாறும்)

19.7.2. நேர்க்கோட்டுத் திருத்தம்

கடைசி மொத்த மேடுபள்ள அளவு = +5 மை.மீ.

இதனை, ஒவ்வொரு நிலைக்கும் நிலைக்கேற்ப பங்கிட்டு தர வேண்டும்.

3-ஆம் நிலைக்குரிய பங்கு = $\frac{5}{10}$ x 3

= 1.5 மை.மீ.

10-ஆம் நிலைக்குரிய பங்கு = $\frac{5}{10}$ x 10

= 5.0 மை.மீ.

19.7.3. நேர்க்கோட்டில் பிழை

3-ஆம் நிலையில்

மொத்த மேடுபள்ளம் = +1.0 மை.மீ.

திருத்தம் = -1.5 மை.மீ.

அதனால் நேர்க்கோட்டில் பிழை = +1.0-1.5மை.மீ.

= -0.5 மை.மீ.

500-600 நிலையில் நேர்க்கோட்டில் பிழை = -1.0 – 3.0 மை.மீ.

= – 4.0 மை.மீ.

19.8. முடிவு

1000 மி.மீ. நீளத்தில் நேர்க்கோட்டுப் பிழை

= மிக அதிக பிழை – மிக குறைந்த பிழை

= 0- (- 4.5) = 4.5மை.மீ.

19.9. தெரிவு

பயன்பாட்டால் சமதளம் தேய்ந்திருக்கிறது.

1

பார்வை நூல்கள்

பார்வை நூல்கள்

REFERENCE BOOKS

1. **F.W.Gayler F.C.R. Shot bolt, ”Metrology for Engineers” – ELBS, 1990**
2. **R.K. Jain, “Engineering Metrology” – Khanna Publishers – 2005**
3. **I.C. Guptha, “Engineering Metrology”, Dhanpat Roi Publications – 2005**
4. **M. Mahajan, “A Teat book of Metrology” – Dhanpat Roi & Co – 1998**

2

அளவையியல் கலைச்சொற்கள் - **Technical Terms**

அளவையியல்

கலைச்சொற்கள் **– Technical Terms**

தமிழ் **–** ஆங்கிலம்

அகம்	–	Dedundum
அகலம்	–	Breadth
அச்சு	–	Axis
அச்சுத் தண்டு	–	Spindle
அடி வட்டம்	–	Base circle
அடிதொடு கோட்டு முறை method	–	Base tangent
அடிப்படை அளவு	–	Basic size
அடிப்படை விலக்கம் deviation	–	Fundamental
அடிமனை	–	Base plate
அணுபுலம்	–	Atomic field
அப்பீயின் இடைவெளி பிழை error	–	Abbes offset
அப்பீயின் கோட்பாடு	–	Abbes principle

அமைப்பு நிலை – Setup

அயர்வு – Fatigue

அலைஎண் / அதிர்வெண் – Frequency

அலைதன்மை – Waviness

அலைநீளம் – Wave length

அலையும் பிழை / குடிகாரப் பிழை – Drunken thread

அழுத்த கோணம் – Pressure angle

அழுத்தமானி – Monometer

அளக்கும் விசை – Measuring pressure

அளவீடு – Calibration

அளவீடு தரம் – Calibration grade

அளவு காட்டி – Pointer

அளவுகள் – Dimensions

அளவுகோல் – Scale

அளவுதிரை – Graticule

அளவெடு பிழை – Reading error

அளவையியல் – Metrology

ஆழ நுண்ணளவி – Depth micrometer

ஆழமானி – Depth gauge

ஆற்றுபடுத்து வழிகள் – Guide ways

இசைவளவு – Allowance

இடமாற்று முறை – Transposition method

இடமாறு தோற்றப்பிழை – Parallelax error

இடைகணிப்பு பிழை – Interpolation error

இடைநிலைப் பொருத்தம் /

சரி பொருத்தம் – Transition fit

இடைவெளி – Clearance

இணை ஒளி வில்லை – Collimating lens

இணை ஒளி வில்லை/

ஒளி பாய்ச்சு வில்லை – Projectors lens

இணை தன்மை – Parallelism

இணைப்பு / தொகுப்பு – Attachment

இணைப்புத் தண்டு – Connecting rod

இயங்கு பிழை – Dynamic error

இயங்குநிலை – Dynamic

இயல் வரைபடம் – Normal curve

இயல்பு நிலை – Normal state

இயல்பு பிழை – Characteristic error

இரண்டாம் நிலை செந்தரம் – Secondary standard

இரத்தினம் – Ruby

இரு உருளை முறை – Two wire method

இருட்டு / கறுமை – Darkness

இருபக்க பொறுதி – Bilateral tolerance

இருமுனைக் கடிகை – Double ended gauge

இறுக்கப் பொருத்தம் – Interference fit

ஈடுகட்டு முறை – Substitution method

ஈரப்பதம் / காற்றுப்பதம் – Humidity

உச்சி – Crest

உடலம் – Body

உணர்தன்மை – Sensitivity

உந்துருளை – Piston

உயரம் – Height

உயரமானி – Height gauge

உயர்வு – Increment

உராய்வு – Friction

உருள் பிழை – Rolling error

உருளாணி – Gudgeon pin

உருளைக்கடிகை/ தண்டு கடிகை/

முளைக்கடிகை – Plug gauge

உருளைத் தன்மை – Cylindricity

உறைமை – Inertia

ஊசல் – Pendulum

ஊசி முனை – Needle probe

ஊட்டக்குறிகள் – Feed marks

ஊட்டம் – Feed

எண்வழிக் கட்டுப்பாட்டு எந்திரம் – Numerical Control Machine

எதிர் – Negative

எதிர்மின்னி – Electron

எதிரொளி – Reflected light

எந்திர / கருவி அச்சு – Mechanical axis

எந்திர கரட்டுத்தன்மை மானி – Mechanical roughness indicator

எந்திரப் பார்வை – Machine vision

எந்திரம் – Machine

எந்திரவியல் – Mechanical

எழுச்சியூட்டிய வெளிப்பாடு – Stimulated emission

ஒப்பளவி – Comparator

ஒப்பளவு முறை – Comparative method

ஒரு முகமாக – In phase

ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம் – Co-ordinate measuring machine

ஒருபக்க பொறுதி – Unilateral tolerance

ஒருமுனைக் கடிகை – Single ended gauge

ஒழுங்குமுறை பிழை – Systematic error

ஒளி அச்சு – Optical axis

ஒளி குறுக்கீடு – Light interference

ஒளி கோண அளவி – Optical Bevel Protractor

ஒளி செறிவு – Intensity

ஒளிகலம் – Photocell

ஒளிகீற்று நுண்ணோக்கி – Light section microscope

ஒளித்தட்டு – Optical flat

ஒளிமின் உணர்வி – Opto electrical sensor

ஒளிமின் குறி – Optical encoder

ஒளிமின்னி – Photons

ஒன்றிப்பு முறை – Coincidence method

ஓரியல் தன்மை – Co-herant

கட்டுப்படு பிழை – Controllable error

கட்டை – Block

கடைசல் எந்திரம் – Lathe

கண்காணி வரைபடம் /

கண்காணிப்பு வரைபடம் – Control chart

கண்ணாடி – Mirror

கணினிவழி உற்பத்தி – Computer Aided Manufacturing

கதிர் பிளப்பி – Beam splitter

கந்தனம் – Greese

கப்பி – Bush

கப்பி தாங்கி – Bush bearing

கரட்டுத்தன்மை – Roughness

கரட்டுத்தன்மை அளத்தல் அகலம் – Roughness width cutoff

கரிப்பு – Corrosion

கருவியாளர் நுண்ணோக்கி – Tool makers microscope

கவ்வி – Chuck

கவ்வு கடிகை – Snap gauge

கனமூலைக் கண்ணாடி – Cube corner mirror

காற்றியல் / வளியியல் – Pneumatic

காற்று அழுத்தம் – Air pressure

கீழ் வரம்பு – Lower limit

கீழ் விலக்கம் – Lower deviation

குதிப்புப் பிழை – Pitch error

குமிழ் – Convex

குவி மையம் – Focal point

குவி வில்லை – Converging lens

குழி – Concave

குறுக்கீடு – Interference

குறுங்கோணம் – Acute angle

குறைந்த இருபடி மூலம் – Least square

கூட்டு அளக்கும் முனை /

கூட்டு முனை – Cluster probe

கூட்டு சைன் மேடை – Compound sine table

கூட்டுப் பிழை – Composite error

கூம்பு உருளை முனை – Cone probe

கூம்பு பல்சக்கரம் – Bevel gear

கூர் மழுக்கம் – Tool wear

கெஜம் – Yard

கோட்டுப் படம் – Sketch

கோண அளவி – Bevel Protractor

கோண அளவு – Angular measurement

கோண ஒப்பளவி/ கோணமானி – Angle Dekker

கோணக் கடிகைகள் – Angle gauges

கோலத்தன்மை – Texture

கோளத்தன்மை – Sphericity

சட்டம் / தகடு /அலகு – Blade

சதுரத் தட்டு – Square block

சம அச்சு – Neutral Axis

சமதள தட்டு – Surface plate

சராசரி – Average

சராசரி கரட்டுத் தன்மை roughness – Average

சரிநுட்பம் – Accuracy

சரிவு – Drift

சரிவுமானி / சரிவளவி – Clinometer

சாணை எந்திரம் Machine – Grinding

சாய் பல்சக்கரம் – Helical gear

சாராய மட்டம் – Spirit level

சிறுமம – Minimum

சிறுவிட்டம் – Minor diameter

சுட்டு நுண்ணளவி micrometer – Indicating

சுமை பிழை – Loading error

சுருணை கோணம் – Helix angle

சுருள் பல்சக்கரம் – Spiral gear

சுருள் விரிவரை – Involute

சுருள் விரிவரை சார்பு function – Involute

சுழல் பல்சக்கர எந்திரம் – Rolling gear tester

சுழலும் வருடி – Rotating scanner

சுழி முறை – Null measurement

சுழிக்கோடு – Zero line

சுற்றும் தட்டு – Turret

சூழல் – Environment

செங்குத்துத் தன்மை – Squareness

செந்தர விலக்கம் – Standard deviation

செந்தரம் – Standard

செம்மை உருளை /உளசி – Best rollers / wire

செய்பொருள் – Work piece

செயல் கோடு – Line of action

செருகு கடிகை – Insert gauge

செறிவு வில்லை – Condenser

சேணம் – Saddle

சைகை – Signal

சைன் சட்டம் – Sine bar

சைன் தளம் / சைன் மேடை – Sine table

சைன் மையம் – Sine centre

சோதனைத் தரம் – Inspection grade

டாப்ளர் விளைவு	–	Dofler shift
தட்டைத் தன்மை	–	Flatness
தடுமாற்றப் பிழை	–	Erratic /irregular error
தயக்கக் கண்ணி	–	Hysteresis
தளநிலை	–	Polarization
தளர் பொருத்தம்	–	Loose fit
தன்னிச்சை பிழை	–	Random error
தாங்கி	–	Bearing
தாங்கு பரப்பு	–	Bearing curve
தாடை / பணை	–	Anvil
தானிணை ஒளிமானி / தானெதிர் ஒளிமானி	–	Auto collimator
திண் முனை	–	Solid probe
திருகு புரி	–	Screw thread
திரும்பச் செய்யும் திறன்	–	Repeatability
திரை	–	Screen
துருவல் எந்திரம்	–	Milling Machine
துல்லிய உருண்டைகள்	–	Precision balls
துல்லிய உருளை	–	Precision Roller
துல்லிய ஊசிகள்	–	Precision pins
துல்லியம்	–	Precision

துளை – Hole

துளை தேய்த்தல் – Honing

தூண் – column

தூரம் – Distance

தேய்த்தல் – Lapping

தேய்மான இசைவளவு – Wear allowance

தொடா முறை – Non contact method

தொடாமுறை – Contactless method

தொடு முறை – Contact method

தொலைநோக்கி – Telescope

தோல் தட்டை – Leather washer

நகர்ச்சி – Displacement

நடுக்கம் – Chatter

நழுவுக் கடிகை – Slip gauge

நழுவுக்கடிகை துணை கருவிகள் – Slip gauge accessories

நாற்கால் – Gantry

நிரப்பு முறை – Complimentary method

நிலை – Position

நிலை கடிகை – Position gauge

நிலை நாண் – Constant chord

நிலை பிழை – Static error

நிலைதன்மை – Stability

நிலைமாற்றம் பட்டகம் – Constant deviation prism

நிலையான அளக்கும் முனை,

நிலை முனை – Static probe

நீளக்கோல் – Length bar

நீளம் – Length

நுண்ணளவி – Micrometer

நுண்ணோக்கி – Microscope

நுண்ணோக்கி முனை – Microscope probe

நுண்துளை / புழை – Orifice

நுழை கடிகை – Go-gauge

நுழையாக் கடிகை – No-Go-gauge

நெகிழ்தன்மை – Elasticity

நெடுங்கை – Cantilever

நெம்பு முகப்புமானி – Dial test indicator

நெம்புகோல் / நெம்பி – Lever

நெளிதல் பிழை – Yaw error

நேர் – Positive

நேர் பல்சக்கரம் – Spur gear

நேர வேறுபாடு – Time shift

நேர்கோட்டுத் தன்மை – Straightness

நேர்சட்டம் – Straight edge

நேரடி முறை – Direct method

நேரப் பிழை – Periodic error

நேர்படுத்து தொலைநோக்கி – Alignment Telescope

நேரியல் – Linearity

நேரியல் அளவு – Linear measurement

பக்கக் கோணம் – Flank angle

பக்கம் – Flank

பகு அளவு / சிறுமை அளவு – Resolutions

பட்டை – Band

பணிமனை தரம் – Workshop grade

பதநீளம் – Sampling length

பதப்பொருள் / பொருள் – Specimen

பதம் எடுத்தல் – Sampling

பதிவி – Recorder

பயன்பாட்டு செந்தரம் – Working standard

பயனுறு விட்டம் – Effective diameter

பரப்பு சீர்மை – Surface finish

பல் தொடக்கம் – Multiple start

பல் வடிவம் – Tooth profile

பல்சக்கர ஒப்பளவி – Gear tooth comparator

பல்சக்கர நுண்ணளவி – Gear micrometer

பல்சக்கர வெர்னியர் அளவுகோல் – Gear tooth vernier caliper

பல்சக்கரப் பெட்டி – Gear box

பல்சக்கரம் – Gear

பல்சட்டம் – Rack

பல்தடிமன் – Tooth thickness

பல்முகம் – Tooth face

பல்லணை – Tooth flank

பல்லிடை வட்டம் – Pitch circle

பல்விட்டம் – Module

பளிச்சிடு மின்குழல் – Flash tube

பாய்மம் – Coolant

பாலம் – Bridge

பின்னீடு – Back lash

புரி பல்சக்கரம் – Worm wheel

புரி வடிவம் – Thread form

புரிகோணம் – Thread angle

புரியிடை அளக்கும் கருவி – Pitch measuring machine

புரியிடை விட்டம் – Pitch diameter

புரியிடைக் கூட்டுப் பிழை – Cumulative pitch error

புரியிடைத் தூரம் /புரியிடை – Pitch

புரிவடிவு, வடிவம் – Profile

புள்ளியியல் தரக் கட்டுப்பாடு – Statistical Quality Control

புறம் – Addendum

பூனைக் கண் – Cat eye

பெயரளவு – Nominal dimension

பெயரளவு பரப்பு – Nominal surface

பெருக்கப் பிழை – Gain error

பெருக்கி – Amplifier

பெருக்கு ஆடி – Magnifying glass

பெரும – Maximum

பெருவாரி உற்பத்தி – Mass Production

பெருவிட்டம் – Major diameter

பொருத்தம் – Fit

பொருள்காண் வில்லை – Objective lens

பொலிவு – Brightness

பொறி – Engine

பொறி	–	Engrave
பொறுதி	–	Tolerance
மங்கு	–	Diffuse
மயிரிழை வில்	–	Hair spring
மரை	–	Nut
மரையாணி / திருகாணி	–	Bolt
மரையாணி / திருகாணி	–	Screw
மறைமுக முறை	–	Indirect method
மனை	–	Base
மனை	–	Platen
மாய்ரே கதிர்	–	Moiré fringe
மாறுமுகமாக	–	Out-of phase
மானி	–	Meter
மிதவை	–	Float
மின் இறக்கம்	–	De modulation
மின் ஏற்றம்	–	Modulation
மின்சுற்று / சுருணை	–	Coil
மின்தடை	–	Resistance
மின்தூண்டல்	–	Inductance
மின்புலம்	–	Electrical field
மின்னகம்	–	Armature
மின்னணு அளக்கும் முனை	–	Electronic

probe

முகப்பு நுண்ணளவி – Dial micrometer

முகப்புமானி – Dial gauge

முதன்மை செந்தரம் – Primary standard

முப்பரிமாண முனை – 3D probe

முழுமை கோண அளவி – Universal Bevel Protractor

முழுமை முறை – Absolute method

முளை / தண்டு – Plug

முன்னேற்றம்/முன்னேறு தொலைவு – lead

முன்னேறு கோணம் – Lead angle

முனை செந்தரம் – End standard

மூவுருளை முறை – Three wire method

மூன்றாம் நிலை செந்தரம் – Tertiary standard

மெய்நிகர் பயனுறு விட்டம் – Virtual effective diameter

மெய்பரப்பு – Actual surface

மெருகிடல் – Super finishing

மேசை நுண்ணளவி – Bench micrometer

மேடு பள்ள உயரம் – Peak to valley height

மேடை, மனை – Table

மேல் வரம்பு – Upper limit

மேல் விலக்கம் – Upper deviation

மையக் கோட்டு சராசரி – Centre line average

மையம் – Pivot

மொத்தம் – Absolute

லேசர் – Laser

லேசர் அளவையியல் – Laser metrology

வட்டத் தன்மை – Roundness

வட்டப் பல்லிடை – Circular pitch

வட்டு முனை – Disc probe

வட்டு விட்டம் – Blank diameter

வடிவ நிழல்காட்டி – Profile projector

வடிவக் கடிகை – Contour gauge

வடிவக் காரணி – Form factor

வடிவம் – Shape

வடிவம் அளத்தல் – Geometrical measurement

வடிவமைப்பு எந்திரம் – Shaping machine

வர்க்க சராசரி மூலம் – Root mean square

வரம்புக் கடிகை – Limit gauge

வரி செந்தரம் – Line standard

வரை தாங்கி – Skid

வரைபடம் – Graph

வரையாணி / அளக்கும் ஊசி – Stylus

வழு – Flaw

வளை கடிகை – Ring gauge

வளை சுழல்வரை – Cycloidal

வன் நுண்ணளவி – Internal micrometer

விட்டப் பல்லிடை – Diameter pitch

விட்டம் – Diameter

விரைவு – Velocity

விரைவு விகிதம் – Velocity ratio

விலக்க முறை – Deflections method

விலக்கம் – Deviation

வில்லை – Lens

விவரப்படம் / விளக்கப்படம் – Chart

விழி வில்லை – Eye piece

விழும் ஒளி – Incident – light

வீச்சு – Range

வீட்சுடோன் சுற்று – Wheatstone bridge

வெட்டு ஆழம் – Depth of cut

வெப்பநிலை – Temperature

வெர்னியர் கோண அளவி – Vernier Bevel Protractor

வெர்னியர்அளவு கோல் – Vernier caliper

வெளி நுண்ணளவி – External micrometer

வேகத்தடை, முட்டு – Brake

வேகம் – Speed

வேர் – Root

வேறுபாட்டு – Differential

3

அளவையியல் **Technical Terms -** கலைச்சொற்கள்

அளவையியல்

Technical Terms – கலைச்சொற்கள்

ஆங்கிலம் **–** தமிழ்

3D probe	–	முப்பரிமாண முனை
Abbes offset error	–	அப்பீயின் இடைவெளி பிழை
Abbes principle	–	அப்பீயின் கோட்பாடு
Absolute	–	மொத்தம்
Absolute method	–	முழுமை முறை
Accuracy	–	சரிநுட்பம்
Actual surface	–	மெய்பரப்பு
Acute angle	–	குறுங்கோணம்
Addendum	–	புறம்
Air pressure	–	காற்று அழுத்தம்
Alignment Telescope	–	நேர்படுத்து தொலைநோக்கி
Allowance	–	இசைவளவு
Amplifier	–	பெருக்கி

Angle Dekker	–	கோண ஒப்பளவி/ கோணமானி
Angle gauges	–	கோணக் கடிகைகள்
Angular measurement	–	கோண அளவு
Anvil	–	தாடை / பணை
Armature	–	மின்னகம்
Atomic field	–	அணுபுலம்
Attachment	–	இணைப்பு / தொகுப்பு
Auto collimator / தானெதிர் ஒளிமானி	–	தானிணை ஒளிமானி
Average	–	சராசரி
Average roughness தன்மை	–	சராசரி கரட்டுத்
Axis	–	அச்சு
Back lash	–	பின்னீடு
Band	–	பட்டை
Base	–	மனை
Base circle	–	அடி வட்டம்
Base plate	–	அடிமனை
Base tangent method முறை	–	அடிதொடு கோட்டு
Basic size	–	அடிப்படை அளவு
Beam splitter	–	கதிர் பிளப்பி

Bearing	–	தாங்கி
Bearing curve	–	தாங்கு பரப்பு
Bench micrometer	–	மேசை நுண்ணளவி
Best rollers /wire உளசி	–	செம்மை உருளை /
Bevel gear	–	கூம்பு பல்சக்கரம்
Bevel Protractor	–	கோண அளவி
Bilateral tolerance	–	இருபக்க பொறுதி
Blade	–	சட்டம் / தகடு /அலகு
Blank diameter	–	வட்டு விட்டம்
Block	–	கட்டை
Body	–	உடலம்
Bolt திருகாணி	–	மரையாணி /
Brake	–	வேகத்தடை, முட்டு
Breadth	–	அகலம்
Bridge	–	பாலம்
Brightness	–	பொலிவு
Bush	–	கப்பி
Bush bearing	–	கப்பி தாங்கி
Calibration	–	அளவீடு
Calibration grade	–	அளவீடு தரம்
Cantilever	–	நெடுங்கை

Cat eye	–	பூனைக் கண்
Centre line average சராசரி	–	மையக் கோட்டு
Characteristic error	–	இயல்பு பிழை
Chart விளக்கப்படம்	–	விவரப்படம் /
Chatter	–	நடுக்கம்
Chuck	–	கவ்வி
Circular pitch	–	வட்டப் பல்லிடை
Clearance	–	இடைவெளி
Clinometer சரிவளவி	–	சரிவுமானி /
Cluster probe முனை / கூட்டு	–	கூட்டு அளக்கும்
முனை		
Coherant	–	ஓரியல் தன்மை
Coil	–	மின்சுற்று / சுருணை
Coincidence method	–	ஒன்றிப்பு முறை
Collimating lens	–	இணை ஒளி வில்லை
Column	–	தூண்
Comparative method	–	ஒப்பளவு முறை
Comparator	–	ஒப்பளவி
Complimentary method	–	நிரப்பு முறை
Composite error	–	கூட்டுப் பிழை

Compound sine table – கூட்டு சைன் மேடை

Computer Aided Manufacturing – கணினிவழி உற்பத்தி

Concave – குழி

Condenser – செறிவு வில்லை

Cone probe – கூம்பு உருளை முனை

Connecting rod – இணைப்புத் தண்டு

Constant chord – நிலை நாண்

Constant deviation prism – நிலைமாற்றம் பட்டகம்

Contact method – தொடு முறை

Contactless method – தொடாமுறை

Contour gauge – வடிவக் கடிகை

Control chart – கண்காணி வரைபடம் / கண்காணிப்பு வரைபடம்

Controllable error – கட்டுப்படு பிழை

Converging lens – குவி வில்லை

Convex – குமிழ்

Coolant – பாய்மம்

Co-ordinate measuring machine – ஒருங்கிணைந்த அளக்கும் எந்திரம்

Corrosion – கரிப்பு

Crest – உச்சி

Cube corner mirror – கனமூலைக் கண்ணாடி

Cumulative pitch error	–	புரியிடைக் கூட்டுப் பிழை
Cycloidal	–	வளை சுழல்வரை
Cylindricity	–	உருளைத் தன்மை
Darkness	–	இருட்டு / கறுமை
De modulation	–	மின் இறக்கம்
Dedundum	–	அகம்
Deflections method	–	விலக்க முறை
Depth gauge	–	ஆழமானி
Depth micrometer	–	ஆழ நுண்ணளவி
Depth of cut	–	வெட்டு ஆழம்
Deviation	–	விலக்கம்
Dial gauge	–	முகப்புமானி
Dial micrometer	–	முகப்பு நுண்ணளவி
Dial test indicator	–	நெம்பு முகப்புமானி
Diameter	–	விட்டம்
Diameter pitch	–	விட்டப் பல்லிடை
Differential	–	வேறுபாட்டு
Diffuse	–	மங்கு
Dimensions	–	அளவுகள்
Direct method	–	நேரடி முறை
Disc probe	–	வட்டு முனை

Displacement	–	நகர்ச்சி
Distance	–	தூரம்
Dofler shift	–	டாப்ளர் விளைவு
Double ended gauge	–	இருமுனைக் கடிகை
Drift	–	சரிவு
Drunken thread குடிகாரப் பிழை	–	அலையும் பிழை /
Dynamic	–	இயங்குநிலை
Dynamic error	–	இயங்கு பிழை
Effective diameter	–	பயனுறு விட்டம்
Elasticity	–	நெகிழ்தன்மை
Electrical field	–	மின்புலம்
Electron	–	எதிர்மின்னி
Electronic probe முனை	–	மின்னணு அளக்கும்
End standard	–	முனை செந்தரம்
Engine	–	பொறி
Engrave	–	பொறி
Environment	–	சூழல்
Erratic /irregular error	–	தடுமாற்றப் பிழை
External micrometer	–	வெளி நுண்ணளவி
Eye piece	–	விழி வில்லை
Fatigue	–	அயர்வு

Feed	–	ஊட்டம்
Feed marks	–	ஊட்டக்குறிகள்
Fit	–	பொருத்தம்
Flank	–	பக்கம்
Flank angle	–	பக்கக் கோணம்
Flash tube	–	பளிச்சிடு மின்குழல்
Flatness	–	தட்டைத் தன்மை
Flaw	–	வழு
Float	–	மிதவை
Focal point	–	குவி மையம்
Form factor	–	வடிவக் காரணி
Frequency அதிர்வெண்	–	அலைஎண் /
Friction	–	உராய்வு
Fundamental deviation	–	அடிப்படை விலக்கம்
Gain error	–	பெருக்கப் பிழை
Gantry	–	நாற்கால்
Gear	–	பல்சக்கரம்
Gear box	–	பல்சக்கரப் பெட்டி
Gear micrometer நுண்ணளவி	–	பல்சக்கர
Gear tooth comparator	–	பல்சக்கர ஒப்பளவி
Gear tooth vernier caliper	–	பல்சக்கர வெர்னியர்

அளவுகோல்

Geometrical measurement	–	வடிவம் அளத்தல்
Go-gauge	–	நுழை கடிகை
Graph	–	வரைபடம்
Graticule	–	அளவுதிரை
Greese	–	கந்தனம்
Grinding Machine	–	சாணை எந்திரம்
Gudgeon pin	–	உருளாணி
Guide ways	–	ஆற்றுபடுத்து வழிகள்
Hair spring	–	மயிரிழை வில்
Height	–	உயரம்
Height gauge	–	உயரமானி
Helical gear	–	சாய் பல்சக்கரம்
Helix angle	–	சுருணை கோணம்
Hole	–	துளை
Honing	–	துளை தேய்த்தல்
Humidity காற்றுப்பதம்	–	ஈரப்பதம் /
Hysteresis	–	தயக்கக் கண்ணி
In phase	–	ஒரு முகமாக
Incident – light	–	விழும் ஒளி
Increment	–	உயர்வு

Indicating micrometer	–	சுட்டு நுண்ணளவி
Indirect method	–	மறைமுக முறை
Inductance	–	மின்தூண்டல்
Inertia	–	உறைமை
Insert gauge	–	செருகு கடிகை
Inspection grade	–	சோதனைத் தரம்
Intensity	–	ஒளி செறிவு
Interference	–	குறுக்கீடு
Interference fit	–	இறுக்கப் பொருத்தம்
Internal micrometer	–	வன் நுண்ணளவி
Interpolation error	–	இடைகணிப்பு பிழை
Involute function	–	சுருள் விரிவரை சார்பு
Involute	–	சுருள் விரிவரை
Lapping	–	தேய்த்தல்
Laser	–	லேசர்
Laser metrology	–	லேசர் அளவையியல்
Lathe	–	கடைசல் எந்திரம்
Lead முன்னேறு தொலைவு	–	முன்னேற்றம் /
Lead angle	–	முன்னேறு கோணம்
Least square மூலம்	–	குறைந்த இருபடி
Leather washer	–	தோல் தட்டை

Length	–	நீளம்
Length bar	–	நீளக்கோல்
Lens	–	வில்லை
Lever	–	நெம்புகோல் / நெம்பி
Light interference	–	ஒளி குறுக்கீடு
Light section microscope	–	ஒளிகீற்று நுண்ணோக்கி
Limit gauge	–	வரம்புக் கடிகை
Line of action	–	செயல் கோடு
Line standard	–	வரி செந்தரம்
Linear measurement	–	நேரியல் அளவு
Linearity	–	நேரியல்
Loading error	–	சுமை பிழை
Loose fit	–	தளர் பொருத்தம்
Lower deviation	–	கீழ் விலக்கம்
Lower limit	–	கீழ் வரம்பு
Machine	–	எந்திரம்
Machine vision	–	எந்திரப் பார்வை
Magnifying glass	–	பெருக்கு ஆடி
Major diameter	–	பெருவிட்டம்
Mass Production	–	பெருவாரி உற்பத்தி
Maximum	–	பெரும

Measuring pressure – அளக்கும் விசை

Mechanical – எந்திரவியல்

Mechanical axis – எந்திர / கருவி அச்சு

Mechanical roughness indicator – எந்திர கரட்டுத்தன்மை மானி

Meter – மானி

Metrology – அளவையியல்

Micrometer – நுண்ணளவி

Microscope – நுண்ணோக்கி

Microscope probe – நுண்ணோக்கி முனை

Milling Machine – துருவல் எந்திரம்

Minimum – சிறும

Minor diameter – சிறுவிட்டம்

Mirror – கண்ணாடி

Modulation – மின் ஏற்றம்

Module – பல்விட்டம்

Moiré fringe – மாய்ரே கதிர்

Monometer – அழுத்தமானி

Multiple start – பல் தொடக்கம்

Needle probe – ஊசி முனை

Negative – எதிர்

Neutral Axis – சம அச்சு

No-Go-gauge	–	நுழையாக் கடிகை
Nominal dimension	–	பெயரளவு
Nominal surface	–	பெயரளவு பரப்பு
Non contact method	–	தொடா முறை
Normal curve	–	இயல் வரைபடம்
Normal state	–	இயல்பு நிலை
Null measurement	–	சுழி முறை
Numerical Control Machine	–	எண்வழிக் கட்டுப்பாட்டு எந்திரம்
Nut	–	மரை
Objective lens	–	பொருள்காண் வில்லை
Optical axis	–	ஒளி அச்சு
Optical Bevel Protractor	–	ஒளி கோண அளவி
Optical encoder	–	ஒளிமின் குறி
Optical flat	–	ஒளித்தட்டு
Opto electrical sensor	–	ஒளிமின் உணர்வி
Orifice	–	நுண்துளை / புழை
Out-of phase	–	மாறுமுகமாக
Parallelax error	–	இடமாறு தோற்றப்பிழை
Parallelism	–	இணை தன்மை
Peak to valley height	–	மேடு பள்ள உயரம்

Pendulum – ஊசல்

Periodic error – நேரப் பிழை

Photocell – ஒளிகலம்

Photons – ஒளிமின்னி

Piston – உந்துருளை

Pitch – புரியிடைத் தூரம் / புரியிடை

Pitch circle – பல்லிடை வட்டம்

Pitch diameter – புரியிடை விட்டம்

Pitch error – குதிப்புப் பிழை

Pitch measuring machine – புரியிடை அளக்கும் கருவி

Pivot – மையம்

Platen – மனை

Plug – முளை / தண்டு

Plug gauge – உருளைக்கடிகை / தண்டு கடிகை/

முளைக்கடிகை

Pneumatic – காற்றியல் / வளியியல்

Pointer – அளவு காட்டி

Polarization – தளநிலை

Position – நிலை

Position gauge – நிலை கடிகை

Positive	–	நேர்
Precision	–	துல்லியம்
Precision balls உருண்டைகள்	–	துல்லிய
Precision pins	–	துல்லிய ஊசிகள்
Precision Roller	–	துல்லிய உருளை
Pressure angle	–	அழுத்த கோணம்
Primary standard	–	முதன்மை செந்தரம்
Profile	–	புரிவடிவு, வடிவம்
Profile projector	–	வடிவ நிழல்காட்டி
Projectors lens / ஒளி பாய்ச்சு வில்லை	–	இணை ஒளி வில்லை
Rack	–	பல்சட்டம்
Random error	–	தன்னிச்சை பிழை
Range	–	வீச்சு
Reading error	–	அளவெடு பிழை
Recorder	–	பதிவி
Reflected light	–	எதிரொளி
Repeatability திறன்	–	திரும்பச் செய்யும்
Resistance	–	மின்தடை
Resolutions அளவு	–	பகு அளவு / சிறும

Ring gauge	–	வளை கடிகை
Rolling error	–	உருள் பிழை
Rolling gear tester	–	சுழல் பல்சக்கர எந்திரம்
Root	–	வேர்
Root mean square	–	வர்க்க சராசரி மூலம்
Rotating scanner	–	சுழலும் வருடி
Roughness	–	கரட்டுத்தன்மை
Roughness width cutoff	–	கரட்டுத்தன்மை அளத்தல் அகலம்
Roundness	–	வட்டத் தன்மை
Ruby	–	இரத்தினம்
Saddle	–	சேணம்
Sampling	–	பதம் எடுத்தல்
Sampling length	–	பதநீளம்
Scale	–	அளவுகோல்
Screen	–	திரை
Screw	–	மரையாணி / திருகாணி
Screw thread	–	திருகு புரி
Secondary standard	–	இரண்டாம் நிலை செந்தரம்
Sensitivity	–	உணர்தன்மை
Setup	–	அமைப்பு நிலை

Shape	–	வடிவம்
Shaping machine	–	வடிவமைப்பு எந்திரம்
Signal	–	சைகை
Sine bar	–	சைன் சட்டம்
Sine centre	–	சைன் மையம்
Sine table மேடை	–	சைன் தளம் / சைன்
Single ended gauge	–	ஒருமுனைக் கடிகை
Sketch	–	கோட்டுப் படம்
Skid	–	வரை தாங்கி
Slip gauge	–	நழுவுக் கடிகை
Slip gauge accessories துணை கருவிகள்	–	நழுவுக்கடிகை
Snap gauge	–	கவ்வு கடிகை
Solid probe	–	திண் முனை
Specimen பொருள்	–	பதப்பொருள் /
Speed	–	வேகம்
Sphericity	–	கோளத்தன்மை
Spindle	–	அச்சுத் தண்டு
Spiral gear	–	சுருள் பல்சக்கரம்
Spirit level	–	சாராய மட்டம்
Spur gear	–	நேர் பல்சக்கரம்

Square block – சதுரத் தட்டு

Squareness – செங்குத்துத் தன்மை

Stability – நிலைதன்மை

Standard – செந்தரம்

Standard deviation – செந்தர விலக்கம்

Static error – நிலை பிழை

Static probe – நிலையான அளக்கும் முனை,

நிலை முனை

Statistical Quality Control – புள்ளியியல் தரக் கட்டுப்பாடு

Stimulated emission – எழுச்சியூட்டிய வெளிப்பாடு

Straight edge – நேர்சட்டம்

Straightness – நேர்கோட்டுத் தன்மை

Stylus – வரையாணி / அளக்கும் ஊசி

Substitution method – ஈடுகட்டு முறை

Super finishing – மெருகிடல்

Surface finish – பரப்பு சீர்மை

Surface plate – சமதள தட்டு

Systematic error – ஒழுங்குமுறை பிழை

Table – மேடை, மனை

Telescope – தொலைநோக்கி

Temperature – வெப்பநிலை

Tertiary standard – மூன்றாம் நிலை செந்தரம்

Texture – கோலத்தன்மை

Thread angle – புரிகோணம்

Thread form – புரி வடிவம்

Three wire method – மூவுருளை முறை

Time shift – நேர வேறுபாடு

Tolerance – பொறுதி

Tool makers microscope – கருவியாளர் நுண்ணோக்கி

Tool wear – கூர் மழுக்கம்

Tooth face – பல்முகம்

Tooth flank – பல்லணை

Tooth profile – பல் வடிவம்

Tooth thickness – பல்தடிமன்

Transition fit – இடைநிலைப் பொருத்தம் / சரி பொருத்தம்

Transposition method – இடமாற்று முறை

Turret – சுற்றும் தட்டு

Two wire method – இரு உருளை முறை

Unilateral tolerance – ஒருபக்க பொறுதி

Universal Bevel Protractor அளவி	–	முழுமை கோண
Upper deviation	–	மேல் விலக்கம்
Upper limit	–	மேல் வரம்பு
Velocity	–	விரைவு
Velocity ratio	–	விரைவு விகிதம்
Vernier Bevel Protractor அளவி	–	வெர்னியர் கோண
Vernier caliper கோல்	–	வெர்னியர்அளவு
Virtual effective diameter விட்டம்	–	மெய்நிகர் பயனுறு
Wave length	–	அலைநீளம்
Waviness	–	அலைதன்மை
Wear allowance இசைவளவு	–	தேய்மான
Wheatstone bridge	–	வீட்சுடோன் சுற்று
Work piece	–	செய்பொருள்
Working standard	–	பயன்பாட்டு செந்தரம்
Workshop grade	–	பணிமனை தரம்
Worm wheel	–	புரி பல்சக்கரம்
Yard	–	கெஜம்
Yaw error	–	நெளிதல் பிழை
Zero line	–	சுழிக்கோடு